biblioteca
tascabile
elettronica

6

richard zierl

come si lavora con i transistori

franco muzzio & c. editore

seconda parte: l'amplificazione

biblioteca **t**ascabile di **e**lettronica

coordinata da Mauro Boscarol

6

franco muzzio & c. editore

Richard Zierl

come si lavora con i transistori

Seconda parte: l'amplificazione

Con 33 disegni nel testo e
10 foto su 4 tavole

franco muzzio & c. editore

Copertina di Edgar Dambacher
da una foto di Uwe Höch
33 figure di Hans-Hermann Kropf
e 10 foto dell'autore

Traduzione di Ruth Stankowski

Piazza de Gasperi, 12 35100 Padova
Titolo originale dell'opera: « So arbeitet man mit Transistoren »

finito di stampare dalle Grafiche Muzzio in Padova nel mese di giugno 1976

Come si lavora con i transistori

Parte seconda

1. Il transistore come amplificatore 7
1.1 Un esperimento preliminare 8
1.2 Amplificatore monostadio 11
1.3 Tre circuiti base 15
1.4 Curve caratteristiche 17

2. Circuiti amplificatori 20
2.1 Amplificatore in controfase con alimentazione a batteria 20
2.2 Amplificatore di potenza 25
2.3 Amplificatore di corrente continua 29

3. Oscillatori 31
3.1 Generatore a 1 Kilohertz 31
3.2 Circuito oscillante per 1 Megahertz 36
3.3 Generatore a 27,12 Megahertz per telecomando .. 40

4. Radioricevitori 43
4.1 Ricevitore a transistori per onde medie 43
4.2 Montaggio del circuito 44

5. Tester per transistori bipolari 47
5.1 Il circuito del tester 47
5.2 Applicazioni 53

6. Alimentatore da laboratorio 55
6.1 Il circuito 55
6.2 Protezione contro sovraccarico di corrente 55
6.3 Montaggio dell'alimentatore 57

7. Raccolta di formule usuali 60

8. Indice analitico 63

1. Il transistore come amplificatore

Uno dei più importanti circuiti elettronici è l'amplificatore; ne esistono due tipi diversi: il comparatore e l'amplificatore analogico.

La funzione del circuito comparatore è quella di amplificare una piccola corrente d'ingresso in modo da comandare un relé (il comparatore riconosce se il circuito d'ingresso è aperto o chiuso e agisce di conseguenza). Questo tipo di circuito serve per inserire o disinserire un carico qualsiasi (motore, campanello, lampada, calorifero, ecc.). Per questo motivo il circuito comparatore deve dare una risposta univoca al segnale d'ingresso (per esempio: c'è corrente? si oppure no). Circuiti di questo tipo raggiungono facilmente fattori d'amplificazione di corrente di vari milioni: una corrente d'ingresso di pochi microampere può far inserire un carico di 10 A o più. Un circuito con queste caratteristiche viene progettato nella prima parte di questa introduzione all'uso dei transistori: *Come si lavora con i transistori*; *parte prima*: *i collegamenti.*

Il secondo tipo di circuito viene progettato seguendo criteri diversi. In primo luogo è necessario distinguere se si vuole amplificare solo corrente continua, solo corrente alternata o tutt'e due. Per inciso diciamo che è più facile progettare un amplificatore per corrente alternata.

L'amplificatore analogico per corrente continua deve fornire una corrente (sempre continua) sufficientemente grande, che sia legata a quella piccola in ingresso da una ben determinata funzione (lineare, logaritmica, ecc.). Le difficoltà di progettazione di questi amplificatori saranno affrontate nel prossimo capitolo.

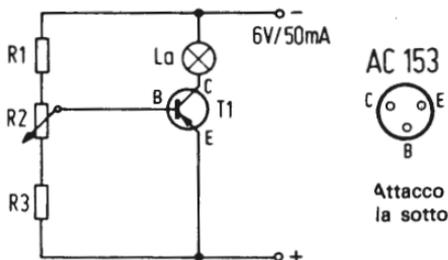
Per la tecnica della radio e della televisione è molto più importante l'amplificatore di segnale alternato.

In genere si ha a che fare con problemi di questo tipo: un segnale d'alta frequenza proveniente dall'antenna deve venir amplificato;

poi si deve « filtrare » la modulazione ad alta frequenza ed infine amplificare il segnale che rimane di bassa frequenza. Una trattazione più dettagliata sulla ricezione di segnali radiofonici si trova nel volumetto di questa collana: *Come si costruisce un ricevitore radio.*
In una radio ci sono due tipi di amplificatori di corrente alternata; i preamplificatori (stadi di ingresso) e gli amplificatori di potenza (o stadi finali o di uscita). I primi « preparano » e amplificano il segnale ricevuto in modo da comandare lo stadio di potenza; quest'ultimo fornisce la potenza necessaria per alimentare gli altoparlanti.
Ormai tutte le radio sono costruite con transistori; le « vecchie » valvole ad emissione catodica non vengono più adoperate.
Ultimamente però anche nella tecnica radio si è cominciato ad ultilizzare il circuito integrato, ancora più comodo del transistore.
Comunque ancor oggi per i radioamatori il transistore è l'elemento ideale per la progettazione di circuiti: sia perché costa poco e « rende » molto; sia perché è di uso universale.

1.1 Un esperimento preliminare

Prima di affrontare i dettagli delle basi teoriche del funzionamento del transistore come amplificatore, analizziamo il circuito di Fig. 1.01 che serve a regolare la luminosità di una lampada in modo continuo. Questo circuito ha anche il pregio di « allungare » la durata della lampada.
Quando una lampadina viene accesa semplicemente girando l'interruttore, se ne abbrevia la durata: si può dire che alle lampadine non « piacciono » gli sbalzi improvvisi di corrente. La spiegazione del fatto è semplice. Se misuriamo con un ohmmetro la resistenza di una lampadina da 6 V quando è « fredda » (non accesa) troviamo un valore di resistenza di circa 20 Ω. Misuriamo poi la resistenza a « caldo » (quando è accesa) sfruttando la legge di Ohm. Il valore della corrente che attraversa il filamento della lampadina accesa è 50 mA; dato che la tensione è 6 V si trova che

Fig. 1.01. Semplice regolatore di luminosità

la resistenza è 120 Ω (6/0,05) cioè una resistenza molto maggiore. Quando la lampadina viene accesa girando l'interruttore, vengono forniti alla lampada tutti i 6 V e, essendo 20 Ω la resistenza, il filamento viene percorso da 300 mA, cioè la corrente è molto più grande che durante il funzionamento normale; questa « extracorrente » è quella che abbrevia la durata della lampadina.
Torniamo al nostro circuito. Lo possiamo costruire rapidamente usando una basetta di legno compensato di 70 × 110 × 10 mm. Si piantano delle puntine da disegno, come indicato in Fig. 1.02. La superficie delle puntine deve essere accuratamente rivestita di stagno da saldatura (le tecniche di saldatura e di montaggio sono dettagliamente descritte nel volumetto di questa collana: *Come si costruisce un circuito elettronico*). Nel saldare i componenti bisogna prestare molta attenzione a saldare i piedini del transitore nelle posizioni giuste.
La Fig. 1.01 mostra i piedini del transistore dal basso, secondo la convenzione più usuale. I collegamenti vanno fatti con del filo di rame; come portalampada si può usare del filo di stagno arrotolato. Dopo aver controllato il circuito per escludere eventuali errori,

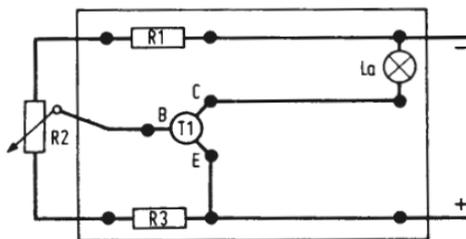



Fig. 1.02. Circuito montato su di una basetta di legno

lo si può connettere con una batteria da 6 V. Il circuito completo è mostrato nella foto 1 della tavola 1.
Con il reostato R2 si può variare con continuità tra 0 e 50 mA la corrente attraverso il tratto emettitore-collettore del transistore e quindi attraverso il filamento della lampada. La luminosità della lampada dipende ovviamente dalla corrente.
Un effetto analogo poteva essere ottenuto ponendo al posto di T1 una resistenza variabile. La Fig. 1.03 mostra il circuito equivalente. Usando per R un reostato da 10000 Ω si ottiene il seguente risultato: con R regolato in modo che la resistenza sia di 10 kΩ, la lampada non si accende, perché il filamento è percorso da una corrente piccolissima. Diminuendo il valore di R, la corrente aumenta gradualmente e la lampada comincia a fare luce. La lampadina ha la massima luminosità quando il valore di R è 0Ω. Come si vede, quindi, si è ottenuto lo stesso risultato che con il regolatore di intensità costruito con il transistore. In questo caso il transistore si comporta come una resistenza variabile: la resistenza viene regolata da una corrente pilota che entra nella base (cioè la resistenza del tratto emettitore-collettore cambia proporzionalmente al valore della corrente di base). L'effetto « amplificatore » si manifesta nel fatto che la corrente che passa nel tratto emettitore-collettore può essere da 30 a 900 volte più intensa della corrente di base (l'amplificazione dipende dal transistore che si utilizza).
Guardiamo ora il nostro esperimento da un altro punto di vista. Nella prima parte di questa introduzione all'uso dei transistori abbiamo fatto conoscenza con la « tensione di giunzione ». Questo potenziale è misurato dalla differenza di potenziale (d.d.P.) che si deve applicare alla giunzione di un semiconduttore (nel verso della conduzione) per farlo condurre. Il valore del potenziale di giunzione del nostro transistore può essere determinato nel modo seguente: si mette tra l'emettitore e la base di T1 un voltmetro (misuratore di d.d.P.); si può utilizzare qualunque tester purché abbia sufficiente sensibilità.
Il cavo rosso (+) deve essere collegato con l'emettitore, quello nero (-) con la base. Il cursore di R2 dev'essere regolato tutto dalla

parte che è comune con R3. In queste condizioni il voltmetro « legge » una piccola tensione (circa 100 mV) e la lampadina non fa luce: il potenziale di giunzione emettitore-base non è ancora stato raggiunto. Muovendo lentamente il cursore di R2 la tensione letta aumenta e ad un certo punto la lampadina comincia a dare una debole luce: la giunzione PN del tratto emettitore-base comincia a condurre; la tensione che corrisponde al potenziale di giunzione è stata raggiunta. Il voltmetro indica 0,3 V. Se si aumenta ancora R2, la tensione letta aumenta molto leggermente. Si dice che il « diodo » emettitore-base lavora nella « zona di conduzione ».

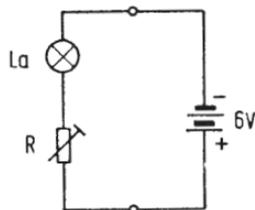



Fig. 1.03. Regolatore di luminosità con reostato

Elenco dei componenti:

T1	Transistore al germanio pnp AC 153 o simile
R1	Resistenza in miniatura 2,2 kΩ, 1/8 W
R2	Potenziometro 100 Ω, 0,5 W
R3	Resistenza in miniatura 47 Ω, 1/8 W
La	Lampadina 6 V/50 mA
	Basetta di legno compensato 70 × 110 × 10 mm
	Puntine da disegno con testa nuda
	Filo elettrico

1.2 Amplificatore monostadio

In questo paragrafo si analizzano più in dettaglio le caratteristiche amplificatrici del transistore, soprattutto per quanto concerne la corrente alternata.
Per far ciò ci si serve di un vecchio altoparlante, di una cuffia ad alta impedenza e di un circuito quale quello indicato in Fig. 1.04. Come nel caso precedente il circuito può essere montato su una basetta di legno compensato o su una apposita piastrina.

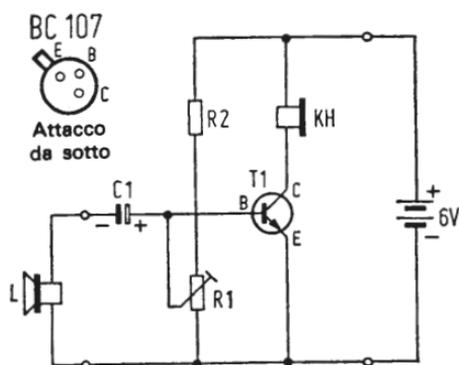



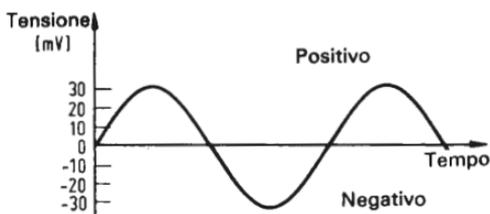
Fig. 1.04. Semplice amplificatore

Nel montaggio del condensatore elettrolitico e del transistore bisogno al solito fare molta attenzione all'ordine degli attacchi. Una volta effettuato e controllato il montaggio si può connettere l'altoparlante ai terminali di ingresso, e poi alimentare il circuito con una batteria. Si regoli il cursore di R1 in modo che tocchi lo « stop » dal lato della polarità negativa e si percuota leggermente la griglia dell'altoparlante; in queste condizioni non si sente ancora nulla. Se però si muove il cursore di R1, si arriva ad una certa posizione in cui si sente distintamente nella cuffia il battito delle dita. In questo modo si può determinare la posizione ottimale per il cursore di R1: in linguaggio tecnico si dice che si sceglie il « punto di lavoro ».

Per far vedere che il transistore amplifica notevolmente la debole corrente alternata, che viene prodotta nell'altoparlante, si può « parlare » nell'altoparlante stesso da una breve distanza. Si tenga presente il volume prodotto nella cuffia. Poi si colleghi direttamente la cuffia all'altoparlante e si ripeta la prova. La grandissima differenza nell'intensità del suono mostra chiaramente l'effetto amplificatore del transistore.

Prima di descrivere le caratteristiche di un transistore, conviene analizzare la proprietà del « punto di lavoro »: la corrente pilota può attraversare la base solamente quando viene raggiunto il potenziale di giunzione; a partire da questo valore (0,3 V per quelli a germanio e 0,7 V per quelli a silicio), il transistore è in grado di amplificare per un intervallo di circa 100 mV.

La tensione alternata cambia segno periodicamente e raggiunge

Fig. 1.05. Sovrapposizione di tensione continua e alternata

un massimo ad intervalli regolari: si veda la Fig. 1.05; se si sovrappone a questa una tensione continua, si avrà una situazione come quella rappresentata in Fig. 1.05 (parte inferiore). In nessun momento la tensione assume un valore negativo; si avrà un'oscillazione armonica tra 700 e 7000 mV. I valori dipendono dalla scelta di 730 mV per la corrente continua. Poiché si è sempre al di sopra della soglia del potenziale di giunzione il transistore può funzionare compe amplificatore; se si fosse scelto un valore diverso per la tensione alternata, per esempio 50 mV, si sarebbe dovuto modificare il punto di lavoro: nel caso particolare si sarebbe dovuto prendere 750 mV di tensione continua. Questa d.d.P. viene chiamata « tensione d'alimentazione » (in inglese: Bias Current). Nel nostro caso la tensione d'alimentazione si applica alla base; da questo viene la denominazione « potenziale di base ». Una corretta scelta della tensione d'alimentazione è alla base di un buon funzionamento; essa deve essere appropriata al tipo di transistore che si utilizza e alle caratteristiche del circuito. Per comprendere l'affetto amplificatore osserviamo la Fig. 1.06: a sinistra c'è il circuito vero, a destra quello equivalente. L'entrata e l'uscita sono connesse tramite un condensatore che, com'è noto, lascia passare solo la componente alternata di un segnale. Si ha quindi a che fare con un amplificatore di corrente alternata. Nel circuito equivalente la tensione d'alimentazione è determinata dal valore della resistenza

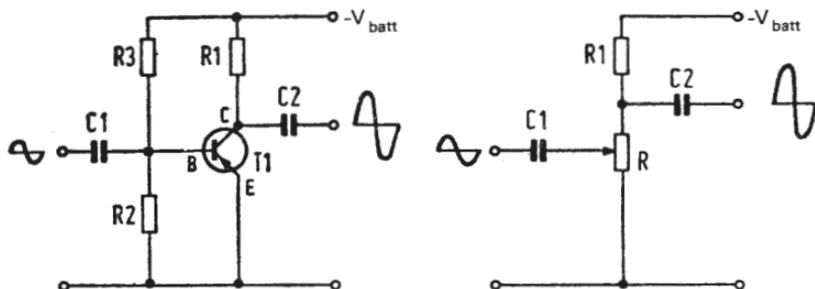



Fig. 1.06. A sinistra: un amplificatore transistore monostadio; a destra: circuito equivalente dell'amplificatore

R che rappresenta il tratto emettitore-collettore del transistore. R è collegata alla batteria tramite R1: nel circuito passa una corrente ben fissata (V_{batt} diviso R + R1); a causa di questa corrente c'è una caduta di tensione ai capi di R1, il condensatore C2, però, impedisce a questa tensione di raggiungere l'uscita.
Se con un piccolo segnale d'ingresso si cambiano i valori in R si ha il seguente effetto: in R + R1 la corrente varia in modo inversamente proporzionale a R; c'è quindi una caduta di potenziale in R1 proporzionale alla variazione della corrente; in conclusione si origina una tensione oscillante con la stessa frequenza di quella d'ingresso; in uscita però questa tensione è molto maggiore perché il cambiamento della corrente in R1 + R è più grande che quello della corrente in ingresso, perché c'è un'amplificazione di corrente. Questo fatto spiega l'effetto d'amplificazione.
La situazione reale nel caso del circuito con il transistore è più complessa. R2 e R3 sono inserite nel circuito come partitori di tensione e determinano la tensione d'alimentazione. R1 è detta resistenza di carico e ai suoi capi c'è la tensione alternata amplificata. Non si può confrontare semplicemente T1 con una resistenza variabile: un transistore è fatto di due giunzioni tra semiconduttori; in realtà la tensione d'ingresso alla base non modifica solamente la resistenza del tratto emettitore-collettore, ma soprattutto la corrente che attraversa il transistore. Il motivo

per cui aumenta la conduttanza è complesso e perciò non viene qui descritto; tuttavia l'importante è comprendere in quale modo il transistore funziona come amplificatore per tensioni alternate.

Elenco dei componenti:

T1	Transistore al silicio npn BC 107 B o simile
R1	Potenziometro 100 kΩ, lin, 0,1 W
R2	Resistenza in miniatura 310 kΩ, 1/8 W
C1	Condensatore elettrolitico in miniatura 10 μF/10 V
L	Altoparlante dinamico
KH	Cuffia dinamica 500-2000 Ω

1.3 Tre circuiti base

Esistono tre modi di entrare con un segnale in un transistore; per questo si parla di tre circuiti base o fondamentali. La Fig. 1.07 mostra le tre varianti di circuito per amplificare correnti alternate. Per maggior chiarezza nella figura non sono rappresentate le parti che servono per la generazione della tensione d'alimentazione. In ogni caso il punto di lavoro può essere determinato al solito modo con l'aiuto di un partitore di tensione.
Poiché i tre circuiti hanno una notevole importanza in elettronica, conviene descriverli brevemente. La tabella riassuntiva al termine di questo paragrafo mostra le caratteristiche più importanti di ciascuno, e indica di volta in volta il campo d'impiego più frequente.

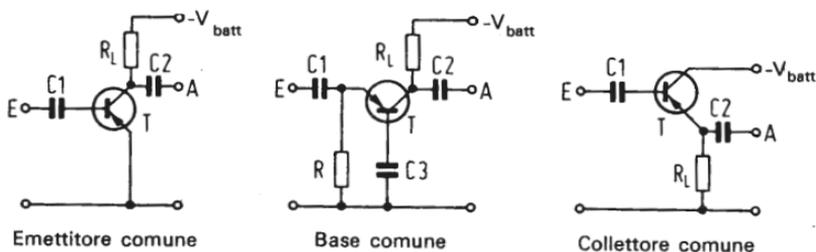



Fig. 1.07. I tre circuiti base

	Emettitore comune	Base comune	Collettore comune
Impedenza d'ingresso Ri	media $Ri_e = 50 \div 50000\ \Omega$	piccola $Ri_b \cong \frac{Ri_e}{\beta}$	grande $Ri_c \cong \beta \cdot Rl$
Impedenza d'uscita Ro	grande $Ro_e = 10 \div 500\ k\Omega$	molto grande $Ro_b \cong \beta \cdot Ro_e$	piccola $Ro_c \cong \frac{Ri_e + Rg}{\beta}$
Amplificazione di corrente β	grande $\beta = 10 \div 10000$	minore di 1 $\cong \frac{\beta}{\beta + 1}$	grande $\cong \beta + 1$
Amplificazione di tensione A_v	grande	grande	minore di 1
Amplificazione di potenza A_p	molto grande	grande	media
Frequenza limite f	bassa $f_e = 10\ kHz \div 500\ MHz$	alta $f_b \cong \beta \cdot f_c$	bassa $f_c \cong f_e$

Rg = resistenza interna del generatore
Rl = resistenza di carico

Base comune: la frequenza di taglio molto elevata (con transistori tipo AF fino al GHz, per esempio con un Siemens BFR 14 A fino a 5 GHz) indica questo circuito per l'uso ad alta frequenza. Il montaggio a base comune è usato per amplificare il segnale di un'antenna, per le gamme d'onda UHF della TV, le onde ultracorte, ecc. A partire da una certa frequenza (dipendente dal tipo di transistore) l'amplificazione di potenza per il circuito a base comune supera quella del circuito a emettitore comune.

Collettore comune: questo collegamento ha una impedenza d'ingresso elevatissima; per questo, nonostante non presenti amplificazione in tensione, viene impiegato spesso. Infatti nella tecnica BF (HiFi) si usano spesso rivelatori di segnale ad alta impedenza (microfoni, pick-up a cristallo) per i quali è necessario usare un circuito tipo collettore comune come stadio di ingresso. Questo circuito viene anche utilizzato per alimentare un carico a bassa impedenza (per esempio lo stadio finale BF) perché ha un'impedenza d'uscita molto bassa. Il circuito a collettore comune ha quindi la funzione di trasformare una alta impedenza in ingresso in una bassa in uscita; per questo viene anche detto trasformatore di impedenza o inseguitore catodico (inglese: Emitter Follower).
Emettitore comune: è il più importante dei tre tipi di montaggio, perché è quello che presenta la maggior amplificazione di potenza. A parte qualche caso particolare, quello che interessa è proprio un'efficace amplificazione di potenza. Il paragrafo seguente si occuperà in dettaglio del circuito a emettitore comune.

1.4 Curve caratteristiche

Le curve caratteristiche di un transistore danno un quadro completo delle qualità più importanti del semiconduttore. Sono fatte in modo che il comportamento del transistore può essere predetto in ogni situazione di funzionamento. Senza ricorrere a queste curve non si può progettare un nuovo circuito. Il radioamatore può spesso farne a meno per i suoi scopi; malgrado ciò dovrebbe conoscere almeno in modo approssimato il loro andamento e comprenderne il significato. Sappiamo già che il comportamento di un transistore dipende da come è collegato; per ogni circuito esiste perciò un insieme di curve caratteristiche. Di solito si riportano solo quelle che si riferiscono al montaggio più frequentemente usato. Poiché in queste pagine ci si interessa per lo più del circuito ad emettitore comune, conviene analizzare il corrispondente insieme di curve caratteristiche.

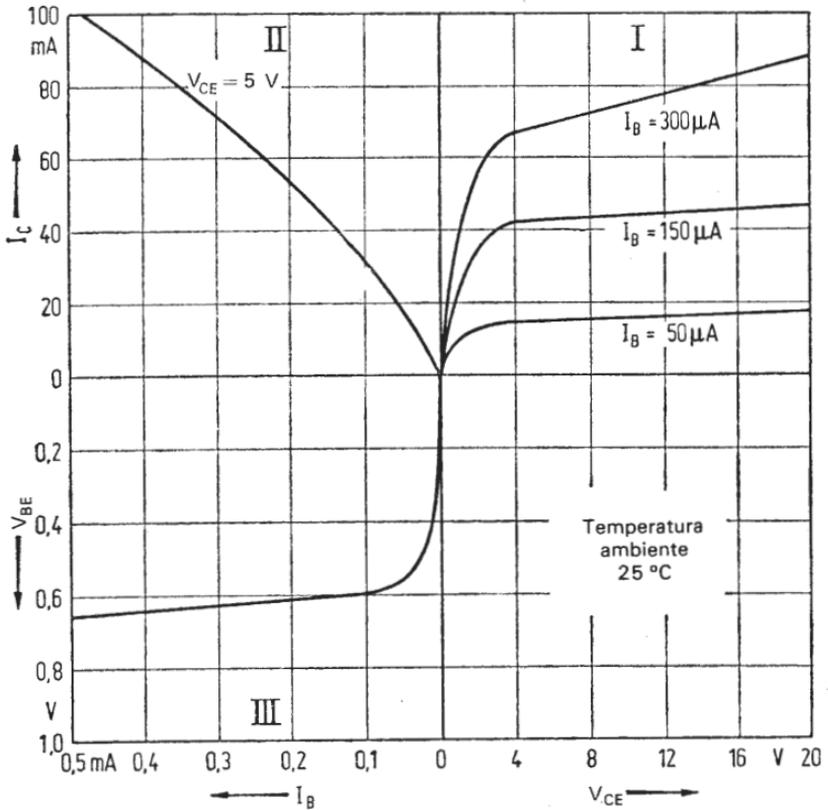



Fig. 1.08. Insieme di curve caratteristiche per il circuito ad emettitore comune

La Fig. 1.08 corrisponde a misure fatte su un transistore NPN al silicio. Le curve del primo quadrante sono dette curve di carico: mostrano la relazione tra la d.d.P. che c'è tra il collettore e l'emettitore e la corrente del collettore; le curve sono fatte per diversi valori di corrente di base. Si vede che per una variazione non troppo grande di I_C (minore di 20 mA), la corrente del collettore è indipendente dalla tensione che c'è tra l'emettitore ed il collettore. Questo si verifica per una tensione superiore a 4 V. Se la tensione

diventa troppo piccola il transistore si comporta come una resistenza.
Il secondo quadrante riporta la curva che mostra l'amplificazione in corrente. Per una fissata d.d.P. tra collettore ed emettitore si vede l'andamento della corrente del collettore in funzione della corrente della base. La curva caratteristica non è una retta, ciò significa che l'amplificazione della corrente non è lineare. Se si usano piccole correnti di collettore la pendenza della curva aumenta e quindi il rapporto di amplificazione è maggiore (il fattore di amplificazione si ottiene dal rapporto I_C/I_B). Nel nostro esempio per una corrente di base di 100 μA la corrente di collettore risulta essere circa 31 mA; si ha così un fattore di amplificazione di corrente di 310.
Il terzo quadrante dà indicazioni sulla impedenza d'ingresso. La corrente di base è rilevata in funzione della d.d.P. tra base ed emettitore. Il valore della impedenza d'ingresso è dato dal rapporto V_{BE}/I_B. Uno sguardo alla curva fa vedere che l'impedenza d'ingresso è maggiore per correnti di base piccole. Da circa 80 μA diminuisce rapidamente per diventare sempre più piccola con l'aumentare della corrente di base. Nella figura è indicata anche la temperatura alla quale sono state rilevate le curve perché la temperatura modifica sensibilmente le caratteristiche del transistore. In genere nei Data Book sono riportate curve per diversi valori di temperatura.

2. Circuiti amplificatori

Ormai da molti anni il transistore costituisce l'elemento fondamentale nella progettazione di un amplificatore in sostituzione della valvola. I motivi per cui il transistore ha sostituito la valvola termoionica sono molteplici: la maggior semplicità di impiego (non richiede un'alimentazione particolare per il riscaldamento non avendo un filamento caldo), le sue caratteristiche tecniche sono migliori di quelle di una valvola ed è senz'altro più versatile.
In questo capitolo vengono presentati due tipici amplificatori BF.

2.1 Amplificatore in controfase con alimentazione a batteria

La funzione degli amplificatori a bassa frequenza è quella di rendere un debole segnale proveniente, ad esempio, da un microfono o da un pick-up, sufficientemente intenso da poter alimentare un altoparlante. In più un amplificatore che sia alimentato a batteria dev'essere studiato in modo da far passare la minima quantità di corrente di fondo; per corrente di fondo si intende quella che attraversa il circuito in assenza del segnale d'ingresso da amplificare.
Amplificatori di questo tipo sono utilizzati nelle radio portatili, mangiadischi, ecc. Se si calcola la potenza d'uscita necessaria per questo tipo di uso, si ottengono valori di circa 90 mW con una tensione d'alimentazione di 9 V.
Un circuito progettato in base a questi criteri è mostrato in Fig. 2.01. T1 lavora secondo lo schema d'amplificatore già esposto. L'avvolgimento primario del trasformatore Tr1 serve da resistenza di carico. Il transistore è montato a emettitore comune. R3 serve per la stabilizzazione. Un aumento della temperatura ambiente provoca un aumento della corrente di collettore (questo

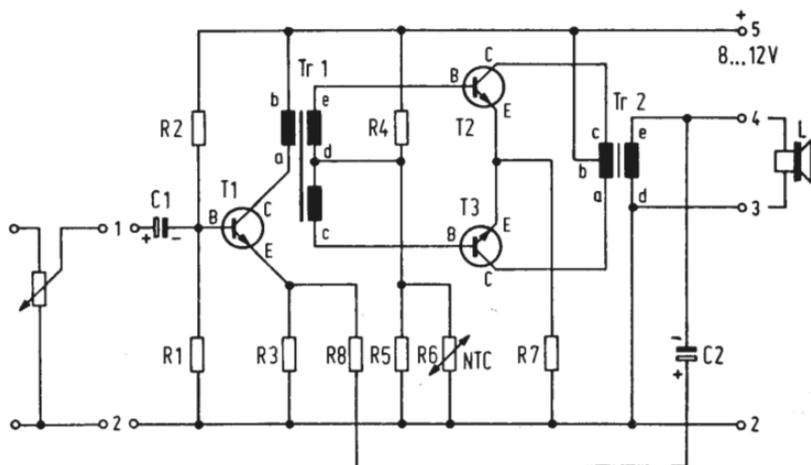



Fig. 2.01. Piccolo amplificatore in controfase per 9 V

accade nei transistori bipolari); questo aumento di corrente produce una caduta di tensione su R3. La tensione di base, però, viene mantenuta ad un valore costante per mezzo del partitore di tensione formato da R1 e R2; in questo modo si viene a stabilire una d.d.P. tra emettitore e base più piccola, che a sua volta determina una diminuzione della corrente di collettore. Questo effetto di stabilizzazione permette a T2 di lavorare in un ampio intervallo di temperatura (da 0 a 60 °C).
T2 e T3 lavorano in un cosiddetto collegamento di controfase di tipo B; così si ottiene una corrente di fondo estremamente piccola, circa 1 mA per una tensione di 9 V, e quindi un alto grado di efficienza. Di tutta la potenza prelevata dalla batteria, circa l'ottanta per cento viene dissipata nell'altoparlante. Come avevamo detto, è importante fare molta attenzione ad ottenere alte efficienze quando si vuole lavorare con circuiti alimentati a batteria. Un collegamento in controfase applica il principio della « divisione del lavoro ». Per comprendere questa affermazione osserviamo la Fig. 2.02. Il punto di lavoro dei transistori è fissato in modo da poter amplificare soltanto correnti in ingresso positive. Il

segnale viene diviso in due parti, la prima viene amplificata da uno dei transistori e la seconda dall'altro. Per maggior chiarezza supponiamo che il segnale abbia una forma sinusoidale e che all'inizio si presenti la semionda positiva (parte superiore della figura). Tr1

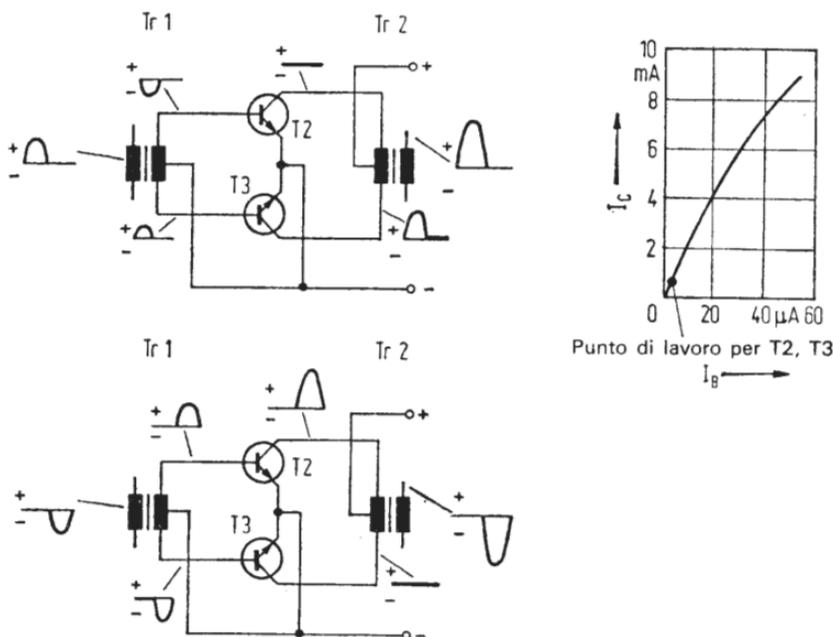



Fig. 2.02. Modo di funzionamento del collegamento di controfase di tipo B

manda allora una tensione positiva alla base di T3 e una negativa alla base di T2. T2 quindi viene alimentato in una zona in cui non conduce e quindi non amplifica. T3 invece trasmette al trasformatore di uscita Tr2 una semionda positiva amplificata. Un discorso analogo vale per la semionda negativa del segnale (parte inferiore della figura). Adesso è T2 che trasmette la semionda positiva amplificata a Tr2. Nell'avvolgimento secondario del trasformatore Tr2 si genera allora la seconda parte del segnale a causa della legge dell'induzione elettromagnetica. In uscita si avrà l'onda sinusoidale completa. Perché i transistori facciano effettivamente metà

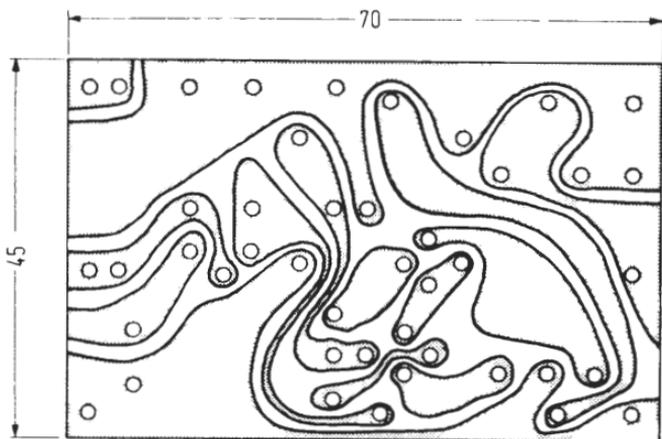
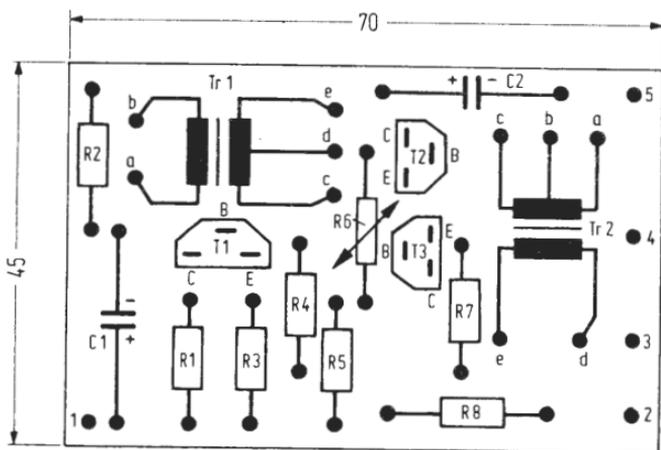



Fig. 2.03. Schema d'incisione

del lavoro, gli avvolgimenti di Tr1 e Tr2 dovranno essere perfettamente bilanciati e i due transistori regolati in modo da avere un coefficiente di amplificazione di corrente uguale.
Nel capitolo 5 verrà progettato un circuito di controllo per transistori che permetterà di scegliere due componenti che abbiano caratteristiche amplificatrici uguali.

Fig. 2.04. Disposizione degli elementi sulla piastrina

Il partitore di tensione costituito da R5 e R4 in parallelo a R6 serve a determinare la tensione iniziale di base per T2 e T3; R6 è un termistore. I termistori sono resistenze che cambiano valore con la temperatura. La conduttanza può aumentare (conduttori a caldo) o diminuire (conduttori a freddo) di una data quantità per ogni grado di aumento della temperatura. I termistori possono avere quindi coefficienti termici di resistenza sia negativi che positivi.
Il partitore descritto assicura che la corrente di fondo rimanga costante anche quando la temperatura varia. Oltre a queste caratteristiche l'amplificatore ha una particolarità tecnica: un controaccoppiamento di corrente alternata. Passando per C2 e R8 una piccola parte della tensione d'uscita torna in controfase all'emettitore di T1; in questo modo si diminuisce un pò l'amplificazione complessiva, ma la qualità del suono aumenta notevolmente. Per il montaggio del circuito conviene servirsi di una piastrina stampata. Lo schema delle incisioni è indicato in Fig. 2.03. Il montaggio va effettuato come indicato in figura 2.04. Dopo aver controllato che i componenti siano stati saldati correttamente si può connettere la batteria tra 2 e 5, un altoparlante tra 3 e 4 e una sorgente sonora, per esempio l'uscita di una radio, tra 1 e 2. Se il suono è molto disturbato occorre invertire gli attacchi « e » e « d » del Tr2. L'amplificatore completo è rappresentato nella foto 2 di tavola 1. Per concludere, indichiamo le caratteristiche più importanti e l'elenco dei componenti dell'amplificatore.

Dati tecnici

Sensibilità	80 mV
Impedenza d'ingresso	circa 80 kΩ
Potenza d'uscita	60 mW con 8 V
	90 mW con 9 V
	160 mW con 12 V
Tensione d'alimentazione	9 V
Corrente di riposo	1 mA

Elenco dei componenti:

T1-T3	Transistori al silicio npn BC 147 o simili
R1	Resistenza in miniatura 150 kΩ, 1/8 W

R2	Resistenza in miniatura 1 MΩ, 1/8 W
R3	Resistenza in miniatura 470 Ω, 1/8 W
R4	Resistenza in miniatura 29 kΩ, 1/8 W
R5	Resistenza in miniatura 4,7 kΩ, 1/8 W
R6	Termistore Siemens K11, 5 kΩ, TK = −3,8%/°C
R7	Resistenza in miniatura 47 Ω, 1/8 W
R8	Resistenza in miniatura 10 kΩ, 1/8 W
Tr1	Trasformatore con uscite in controfase; prim R = 700 Ω, sec R = 2 × 150 Ω
Tr2	Trasformatore con uscite in controfase; prim R = 2 × 80 Ω, sec R = 0,4 Ω
C1, C2	Condensatori elettrolitici in miniatura 4,7 μF/10 V
	Piastrina 70 × 45 × 2 mm

2.2 Amplificatore di potenza

Il problema che si affronta in questo paragrafo è quello di diffondere il suono in una sala vasta e ad un volume elevato. Per far ciò è necessario costruire un amplificatore di potenza; tali amplificatori sono in grado di fornire potenze che vanno da 1 a 100 W; comunque è in genere sufficiente una potenza d'uscita in continua di 10 W per ottenere un suono di buona qualità; naturalmente amplificatori di questo tipo cominciano a distorcere il suono se vengono usati sempre al massimo delle loro capacità. Qui presentiamo un amplificatore BF di prestazioni molto buone; il progetto è stato studiato dalla Valvo. In Fig. 2.05 è riportato lo schema del circuito.

I transistori T4 e T5 che sono montati negli stadi finali sono moderni transistori di potenza Darlington (o equivalenti). I transistori Darlington sono in realtà costituiti da due transistori, uno d'ingresso e uno d'uscita, contenuti in un piccolo involucro metallico sigillato. Nel collegamento interno l'emettitore del primo transistore è direttamente connesso con la base del secondo. T4 è di tipo NPN, T5 è di tipo PNP, si ha quindi a che fare con uno stadio finale costituito da due elementi complementari. Il circuito si comporta in modo simile a quello già visto, qui però non si utilizza un trasformatore (elemento passivo) come elemento complementare. T4 e T5 lavorano alternativamente e producono ciascuno una semionda del segnale; questa semionda giunge all'altoparlante attraverso il condensatore elettrolitico C7. L'altoparlante sembra

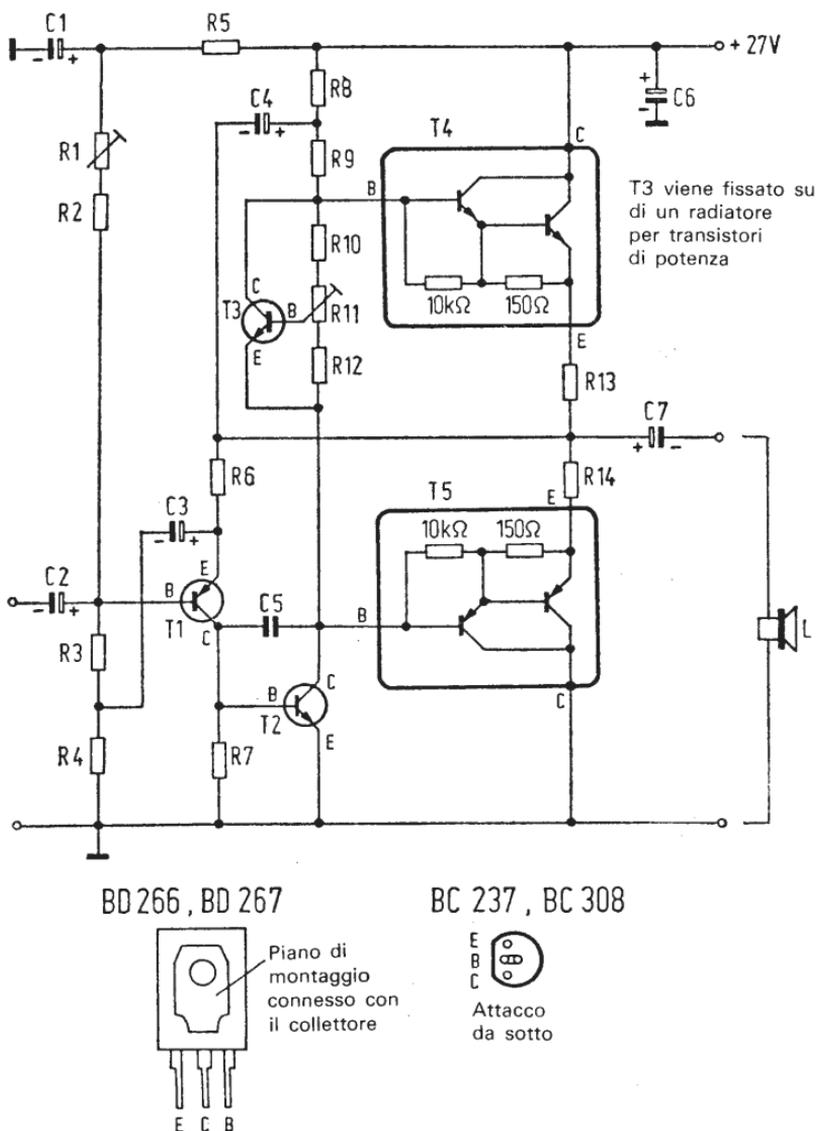



Fig. 2.05. Schema del circuito di un amplificatore di potenza (Valvo)

connesso solo con il collettore di T5 ma in realtà è connesso anche con il collettore di T4 tramite la piccolissima resistenza interna dell'alimentatore.
Il segnale d'ingresso arriva alla base di T1 attraverso C2. La funzione di T1 e T2 è quella di far amplificare l'uno o l'altro dei transistori che costituiscono lo stadio finale secondo la polarità del segnale. Tutti i transistori sono accoppiati in continua.
In questa maniera si può regolare la corrente permanente che attraversa T4 e T5 modificando con R1 la tensione di base; contemporaneamente si determina anche il punto di lavoro dei transistori rimanenti.
T3 assolve un compito specifico. Prima di tutto serve ad assicurare una tensione iniziale stabilizzata per T4 e T5, indipendentemente dalle oscillazioni della tensione d'alimentazione; questo è molto importante per una buona riproduzione del suono. Un secondo compito è quello di compensare le variazioni di temperatura: quando aumenta la temperatura ambiente, la tensione iniziale dei transistori che costituiscono gli stadi finali, deve venir diminuita affinché la corrente di fondo rimanga costante. Se non si riesce a mantenere costante questa corrente si può rovinare il circuito e soprattutto i transistori. Il passaggio di una maggiore quantità di corrente ha infatti come conseguenza il riscaldamento dei transistori degli stadi finali per « effetto Joule ». Per dirla in breve, i transistori si scaldano sempre più finché non si distruggono. Questo processo è impedito da T3. Esso è infatti in contatto termico con i transistori che costituiscono lo stadio finale. La tensione che c'è su T4 e T5 cade sulle resistenze R10, R11 e R12. Se T4 e T5 si riscaldano, anche T3 si riscalda; per questo motivo aumenterà la corrente di fondo che lo attraversa; la corrente per R10, R11 diminuirà pure; il risultato finale è che la tensione di base per T4 e T5 diminuisce.
Per il montaggio del circuito si può usare una piastrina forata. Nei punti dove devono essere saldati i componenti del circuito si mettono degli attacchi; sul lato inferiore di questi attacchi si avvalgono e si saldano i fili di rame, sulla parte superiore si saldano i componenti. T3, T4, T5 non devono essere saldati a questi attac-

chi, ma devono essere montati su di un radiatore (per esempio un lamierino d'alluminio di 200 × 100 × 4 mm) in modo che siano elettricamente isolati l'uno dall'altro. Si può fissare T3 al radiatore usando semplicemente della colla sintetica. Il radiatore è necessario per dissipare il calore prodotto dai due transistori di potenza T4 e T5.
L'amplificatore così costruito ha una potenza d'uscita di circa 12 W, con un piccolo coefficiente di distorsione, circa l'1%. Il segnale d'ingresso dev'essere di 250 mV. Prima di connettere al circuito un altoparlante conviene controllare la potenza massima che questo è in grado di tollerare. Un altoparlante che possa tollerare un carico continuo inferiore ai 10 W non deve venir usato, anche se teoricamente potrebbe essere adatto per riproduzioni a basso volume; infatti è inevitabile mandargli un carico troppo grande e quindi rovinarlo in breve tempo; spesso un lieve disturbo in ingresso viene amplificato tanto da produrre un sovraccarico nell'altoparlante.
Per la sezione del circuito che serve all'alimentazione dell'amplificatore da rete (220 V), non ci sono particolari considerazioni da fare; un progetto per tale sezione è facilmente realizzabile utilizzando un trasformatore. I componenti necessari sono indicati nella lista « Sezione rete ».

Elenco dei componenti:

T1	Transistore al silicio pnp BC 308
T2, T3	Transistore al silicio npn BC 237
T4	Transistore di potenza npn Darlington BD 267 (Valvo)
T5	Transistore di potenza pnp Darlington BD 266 (Valvo)
R1	Trimmer in miniatura 47 kΩ, 0,1 W, 5%
R2, R3	Resistenza in miniatura 150 kΩ, 1/8 W, 5%
R4	Resistenza in miniatura 56 Ω, 1/8 W, 5%
R5	Resistenza in miniatura 10 kΩ, 1/8 W, 5%
R6	Resistenza in miniatura 1,5 kΩ, 1/8 W, 5%
R7	Resistenza in miniatura 820 kΩ, 1/8 W, 5%
R8	Resistenza in miniatura 470 Ω, 1/8 W, 5%
R9	Resistenza in miniatura 2,2 kΩ, 1/8 W, 5%
R10	Resistenza in miniatura 2,7 kΩ, 1/8 W, 5%
R11	Trimmer in miniatura 1 kΩ, 0,1 W
R12	Resistenza in miniatura 1 kΩ, 1/8 W, 5%
R13, R14	Resistenza a filo 0,68 Ω, 8 W, 5%
C1	Condensatore elettrolitico in miniatura 220 μF/35 V

C2	Condensatore 0,33 μF/100 V
C3	Condensatore elettrolitico in miniatura 220 μF/35 V
C4	Condensatore elettrolitico in miniatura 47 μF/35 V
C5	Condensatore ceramico 33 pF/50 V
C6	Condensatore elettrolitico in miniatura 100 μF/50 V
C7	Condensatore elettrolitico in miniatura 2,2 mF/50 V
L	Altoparlante dinamico oppure una cassa sonora, potenza 12 W, imp. 4 Ω

Sezione rete

Tr	Trasformatore da rete; prim: 1236 spire, (220 V); sec.: 170 spire, (27 V)
Si	Fusibile 0,5 A
Gl	Raddrizzatore a ponte B 80 C 600
C1	Condensatore elettrolitico 10 mF/63 V

2.3 Amplificatore di corrente continua

L'hobbysta non ha quasi mai bisogno di amplificare corrente continua; comunque può essere utile presentare un circuito che serva a questo scopo.

Illustriamo dunque un amplificatore differenziale (Fig. 2.06). I

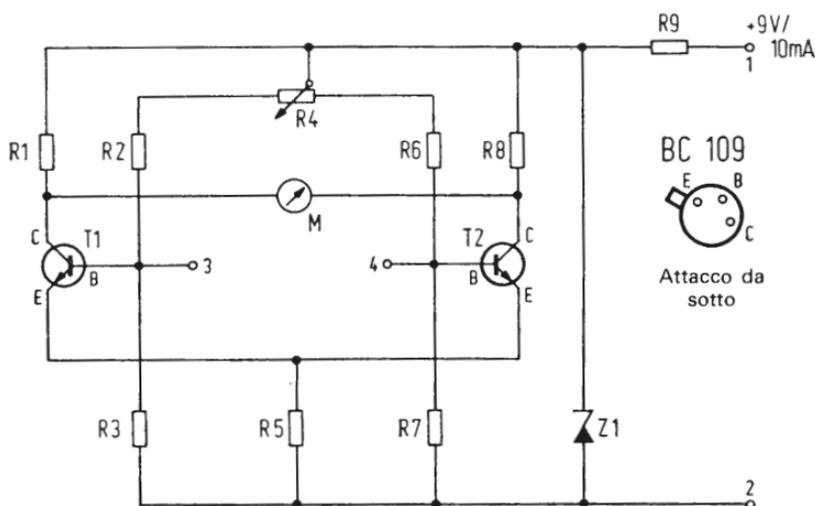



Fig. 2.06. Circuito di un amplificatore di corrente continua (amplificatore differenziale)

transistori sono sempre alimentati in modo che ci sia una piccola corrente permanente nel circuito.
La funzione di questo circuito è quella di misurare differenze di potenziali. La tensione continua è misurata collegando il polo positivo alla base di uno dei transistori e il polo negativo alla base dell'altro. Così nel primo transistore, di tipo NPN, la corrente di collettore aumenta, nel secondo invece diminuisce. La differenza tra queste due correnti viene indicata da un misuratore M. Il diodo Zener Z1 serve a stabilizzare la tensione di alimentazione. Sono sufficienti pochi centesimi di Volt per portare l'ago dello strumento al massimo spostamento. R4 serve a tarare il misuratore sullo zero.

Elenco dei componenti:

T1, T2	Transistori al silicio npn BC 109 C o simili
R1, R8	Resistenze in miniatura 470 Ω, 1/8 W
R2, R6	Resistenze in miniatura 470 kΩ, 1/8 W
R3, R7	Resistenze in miniatura 82 kΩ, 1/8 W
R4	Potenziometro 50 kΩ, 0,1 W
R5	Resistenza in miniatura 200 Ω, 1/8 W
R9	Resistenza in miniatura 100 Ω, 1/8 W
Z1	Diodo Zener ZPD 8,2 o simile
M	Strumento di misura a bobina mobile 1 mA

3. Oscillatori

Gli oscillatori hanno grande importanza in elettronica. Sono indispensabili nella tecnica di bassa frequenza: progettazione di amplificatori, registratori, altoparlanti e così via. Sono ugualmente importanti nella tecnica d'alta frequenza, sia per quanto riguarda la trasmissione che la ricezione di segnali.

3.1 Generatore a 1 Kilohertz

Per poter lavorare con amplificatori a bassa frequenza è necessario un generatore di suono. In questo paragrafo viene descritto un circuito estremamente semplice: è infatti in grado di generare una sola frequenza, ma nonostante questa limitazione è sufficiente per moltissimi scopi.
La Fig. 3.01 mostra il circuito; si tratta di un « generatore sfasa-

Fig. 3.01. Generatore sfasatore RC per 1 kHz

tore RC ». Come al solito analizziamo il principio di funzionamento del circuito.

Nel circuito c'è un componente attivo, nel caso particolare un transistore, che funziona da amplificatore. Il transistore però è montato in modo che la corrente amplificata che esce dal collettore viene ripartita e portata alla base del transistore stesso. Si viene a creare un « accoppiamento » tra il collettore (uscita) e la base (ingresso) del transistore; si dice che il transistore viene reazionato (inglese: feedback).

Un transistore sfasa un segnale che lo attraversa di 180°. Perché il circuito possa comportarsi come oscillatore è necessario che alla base giunga un segnale tale che faccia aumentare la corrente solo per una determinata frequenza.

La base deve quindi ricevere una tensione più bassa quando la corrente di una data frequenza, che attraversa il transistore, sta aumentando. In questo modo si ottiene che la corrente di collettore di una certa frequenza viene aumentata. Quando la corrente di collettore diminuisce, la tensione di base deve invece aumentare. Il risultato finale che si ottiene è una corrente di collettore che aumenta e diminuisce nel tempo con grande regolarità. Il circuito si comporta quindi come generatore di onda sinusoidale. Il periodo della sinusoide dipende dai valori scelti per le resistenze e le capacità delle catene R1, R4 e C1, C4, che si vedono in figura. Questi componenti costituiscono uno « sfasatore » che permette di ottenere alla base un segnale quale quello desiderato. C1-C4 e R1-R4 costituiscono quello che, tecnicamente, viene chiamato uno sfasatore RC.

Fig. 3.02. Oscillazione sinusoidale

Un impulso che arrivi a C1, impiega del tempo per raggiungere

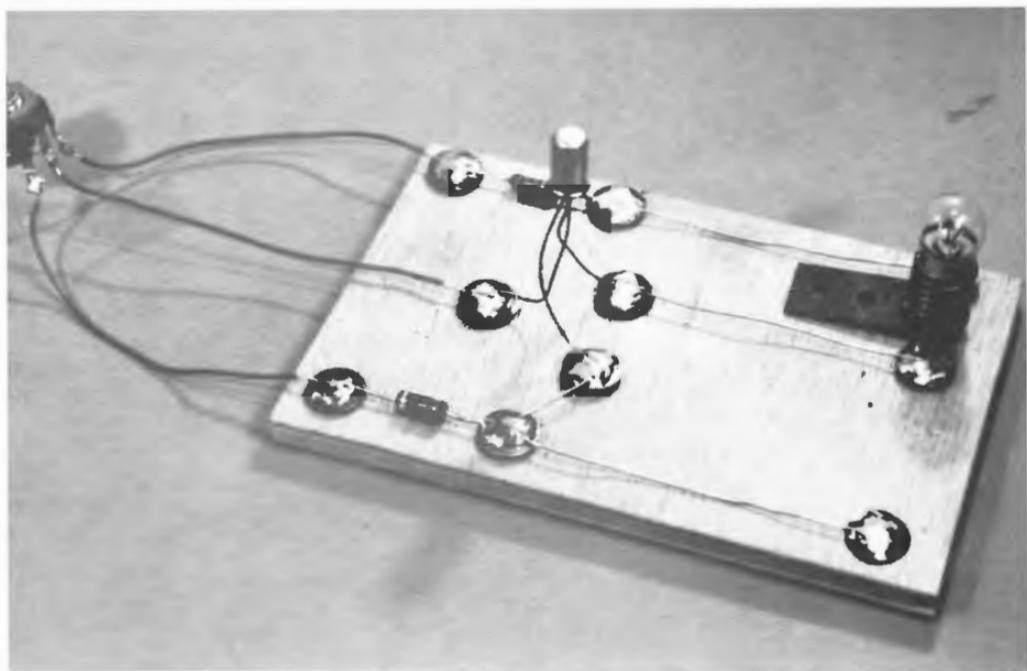



Foto 1. Regolatore di luminosità

Tavola 1

Foto 2. Amplificatore in controfase

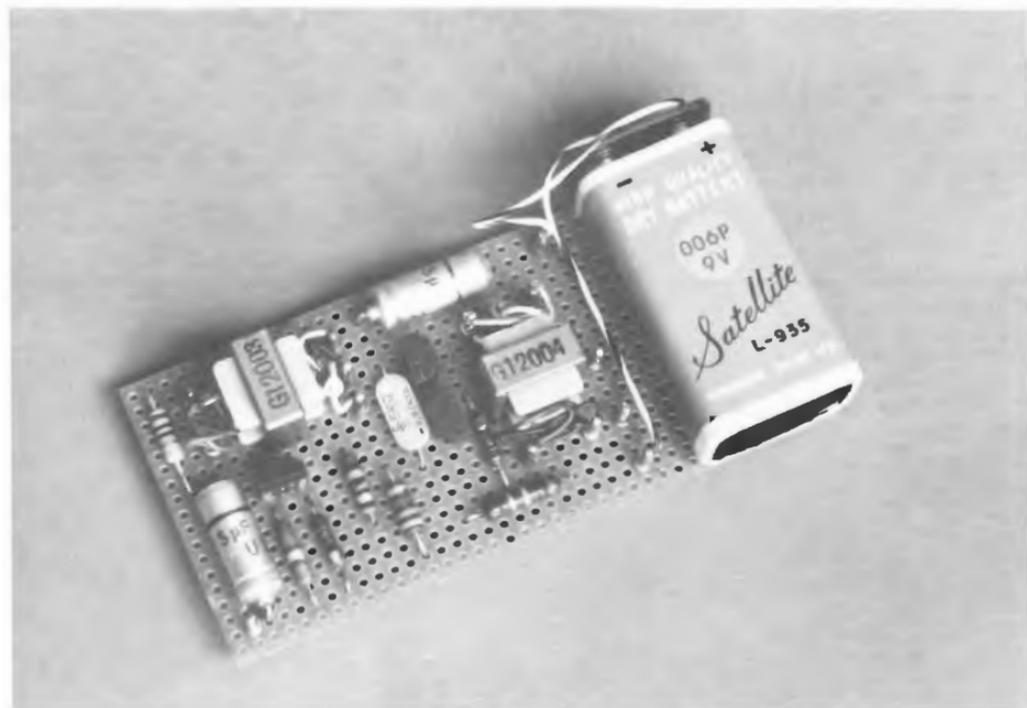



Tavola 2

Foto 3. Generatore RC per 1 kilohertz

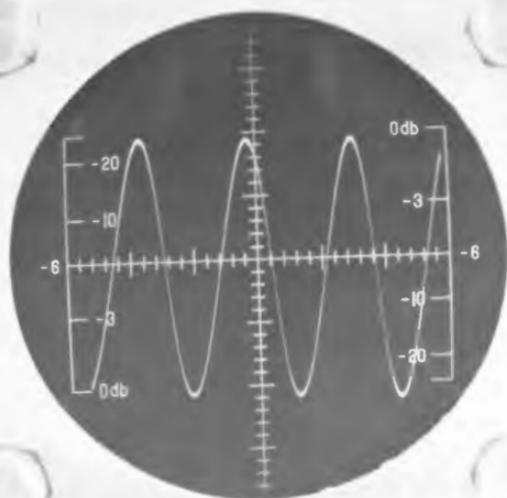



Foto 4. Oscillogramma dell'oscillazione sinusoidale del generatore RC

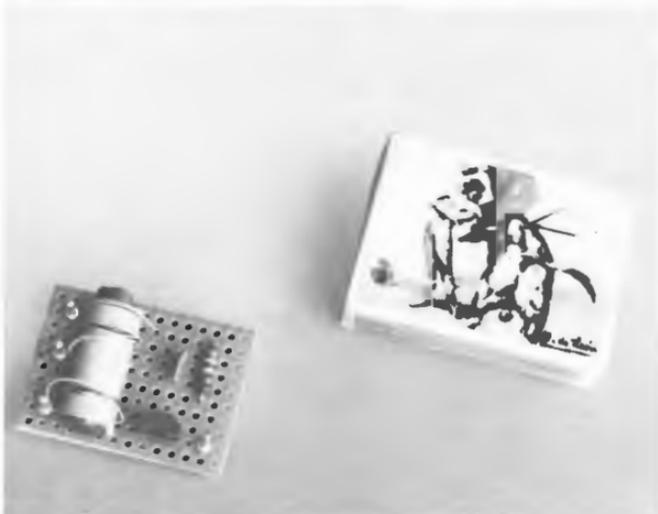



Foto 5. Generatore HF

R4, viene cioè ritardato. Quando l'impulso raggiunge R4 e quindi anche la base del transistore, la situazione in C1 e quindi al collettore è mutata. I valori di R e C del circuito descritto sono calcolati in modo che l'impulso impieghi 0,5 millisecondi e raggiungere la base del transistore. In questo modo, se la corrente di collettore aumenta o diminuisce, dopo 0,5 millisecondi giunge alla base del transistore il segnale corrispondente. È sufficiente quindi una oscillazione casuale della corrente di collettore perché si instauri immediatamente un segnale sinusoidale. Il periodo d'oscillazione sarà di un millisecondo e la frequenza di 1 kHz. Il segnale di 1 kHz può quindi essere prelevato. L'andamento della corrente alternata che si ottiene è mostrato in Fig. 3.02. La foto 4 di tavola 2 mostra lo stesso segnale visto all'oscilloscopio.
Il montaggio del circuito non presenta difficoltà; una proposta è indicata in Fig. 3.03. È necessario un piccolo pezzo di piastrina e un interruttore. Al solito bisogna stare attenti a connettere in modo corretto il transistore; per il resto non c'è pericolo di commettere altri errori nel montaggio. Come sorgente di corrente si può usare una batteria da 9 V. Il consumo del circuito è estremamente ridotto dato che la corrente che circola è inferiore a 1 mA. La tensione che si ottiene in uscita è 1 V eff. Se si aumenta la tensione di alimentazione a 14 V, in uscita si ottiene un segnale di 3 V eff. In uscita possono essere direttamente connessi dei miniricevi-

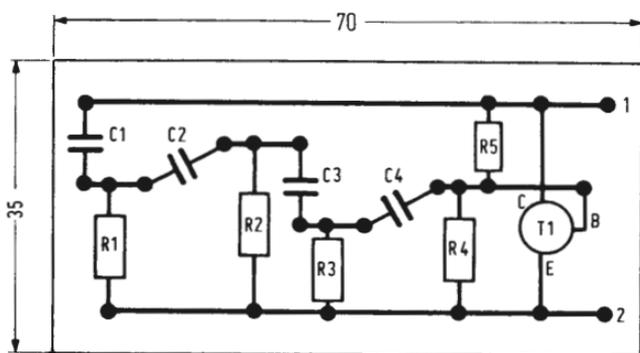



Fig. 3.03. Montaggio del generatore 1 kHz su piastrina

tori (dinamici o a cristallo) ad alta impedenza. Per l'uso con un altoparlante è necessario invece un amplificatore a bassa impedenza.

Il circuito completo è mostrato nella foto 3 di tavola 2. Il generatore da 1 kHz può essere utilizzato per trasmissioni con l'alfabeto Morse. Allo scopo si può collegare in uscita una cuffia o più cuffie in parallelo.

Un appassionato di HiFi può utilizzarlo in modo diverso: il generatore è infatti in grado di fornire un tono estremamente puro che può essere utilizzato per regolare con grande precisione l'amplificazione di ciascuno dei canali di un apparecchio stereofonico.

Elenco dei componenti:

T1	Transistore al germanio pnp AC 151 VII o simile
R1-R3	Resistenze in miniatura 1 kΩ, 1/8 W
R4	Resistenza in miniatura 2,2 kΩ, 1/8 W
R5	Resistenza in miniatura 100 kΩ, 1/8 W
R6	Potenziometro in miniatura 5 kΩ, 0,1 W
C1-C4	Condensatori elettrolitici in miniatura 1 μF/16 V
	Piastrina 70 × 35 × 2 mm

3.2 Circuito oscillante per 1 Megahertz

Per un oscillatore che funzioni a frequenze elevate non si usa più uno sfasatore. Per oscillatori che lavorino a 100 kHz o più si usano dei circuiti che in un certo senso sono più semplici. La frequenza d'oscillazione non è più determinata dalle caratteristiche dei componenti dello sfasatore che reaziona il transistore, ma dalla frequenza propria di risonanza di un qualche elemento capace di oscillare.

Il caso più semplice che può essere immaginato è un circuito costituito da una bobina e da un condensatore. La frequenza di risonanza per questo circuito si ricava dalla formula di Thompson che è riportata nel formulario. Se devono venir generate frequenze di oscillazione ben determinate, per esempio frequenze di trasmissione di un apparecchio radio trasmittente, conviene ricorrere a

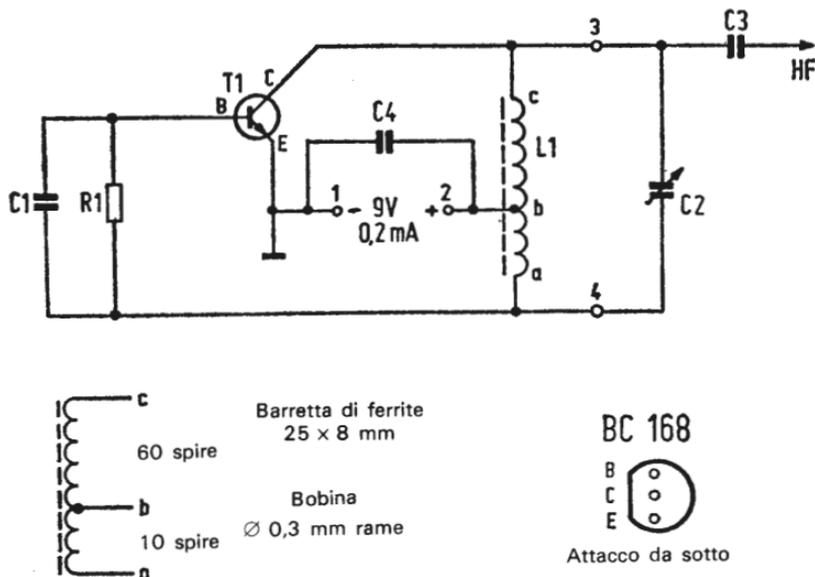



Fig. 3.04. Circuito oscillante

oscillatori a quarzo. Questi ultimi vengono fatti oscillare alimentandoli con opportune tensioni alternate. Quando la frequenza propria del quarzo coincide con quella della tensione di alimentazione, il fenomeno dell'oscillazione diviene « risonante », cioè aumenta a dismisura. La frequenza caratteristica di un quarzo è costante ed è precisamente determinata; la costanza è superiore a 1 parte su 100.000. In questo paragrafo viene descritto un circuito oscillante che può essere utilizzato in radio ricevitori per onde medie; nella tecnica di ricezione a supereterodina (a sovrapposizione) sono indispensabili gli oscillatori di questo tipo.

Il circuito, che è estremamente semplice, è riportato nella Fig. 3.04. Il circuito oscillante è costituito essenzialmente dal condensatore C2 e dalla bobina L1, ed è dotato di tre attacchi: a, b, c.

R1 determina la tensione della base del transistore T1, C1 accoppia in alternativa il transistore.

Sappiamo già come dev'essere la tensione che alimenta la base del transistore perché questo si comporti come un generatore; c'è

quindi da capire come tale tensione venga prodotta in questo caso. T1 è montato ad emettitore comune; il tratto b-c di L1 funziona da resistenza di carico per il transistore. « b » è connesso all'emettitore tramite la sorgente di corrente (batteria) che ha una resistenza interna trascurabile. La caduta di tensione che pilota il transistore si genera quindi nel tratto a-b della bobina oscillante. I punti « a » e « c » della bobina sono sempre in opposizione di fase. Il segnale della bobina che esce da « a » viene sfasato nuovamente dal condensatore C1 prima di giungere alla base del transistore. Se si scelgono con cura i vari componenti si può ottenere con questo circuito un ottimo segnale sinusoidale.
Il montaggio non presenta alcun problema; la bobina indicata nell'elenco dei componenti è solo un esempio, se ne possono utilizzare altre. R1, come detto, determina il punto di lavoro per il transistore. Nel caso si utilizzino altri transistori, il miglior valore per il punto di lavoro può essere determinato per via sperimentale. Se si usano transistori PNP occorre invertire la polarità della batteria da 9 V.
La foto 5 di tavola 2 mostra un montaggio in miniatura di questo circuito.
Con i valori dei componenti indicati nella tabella il circuito produce oscillazioni di frequenza elevata. C2 permette di regolare la frequenza di risonanza tra circa 500 e 1600 kHz. L'oscillatore è quindi in grado di ricoprire tutta la gamma delle onde medie di una radio.

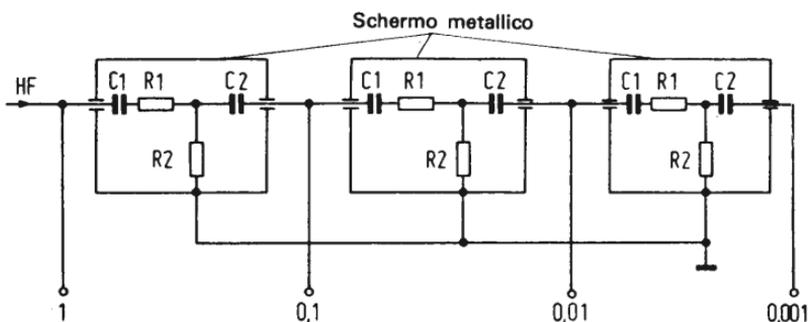



Fig. 3.05. Attenuatore HF

Se si collega un condensatore di capacità fissa di 390 pF in parallelo a C2 si ottiene una gamma di frequenza che va da 400 a 600 kHz: questa banda permette di coprire frequenze intermedie. I ricevitori moderni operano normalmente con frequenze da 400 a 480 kHz.
Per utilizzare questo circuito come generatore di frequenze conviene inserirlo in un involucro di plastica e su questo porre, ben visibile, una scala di frequenze, nella parte superiore, dalla quale sporge il comando del condensatore variabile. È anche opportuno costruire un attenuatore secondo lo schema di Fig. 3.05. L'attenuatore permette di ridurre la tensione d'uscita fino ad un millesimo. Per il prelievo della tensione AF è necessaria una presa a quattro uscite e un'altra per la messa a terra.
Per la taratura della scala delle frequenze si può utilizzare un ricevitore con banda sufficientemente larga. La frequenza d'oscillazione del circuito viene letta il più precisamente possibile sulla scala del ricevitore, e il valore letto viene riportato sulla scala posta sulla scatola che contiene il circuito. Per la taratura può essere utile qualunque altro strumento che sia in grado di « leggere » le frequenze dell'oscillatore.

Elenco dei componenti:

Oscillatore

T1	Transistore al silicio npn BC 168 o simile
C1	Condensatore ceramico 560 pF
C2	Condensatore variabile 500 pF
C3	Condensatore ceramico 100 pF
C4	Condensatore ceramico 4,7 nF
R1	Resistenza in miniatura 560 kΩ, 1/20 W
	Scatola in plastica

Attenuatore HF

C1, C2	Condensatore ceramico 4,7 nF
R1	Resistenza in miniatura 47 kΩ, 1/20 W
R2	Resistenza in miniatura 4,7 kΩ, 1/20 W
	Lamierino d'ottone (di rame) 0,3 mm per schermare
	Presa a quattro uscite e una presa a terra

3.3 Generatore a 27,12 Megahertz per telecomando

Nel precedente paragrafo è stato mostrato come si può costruire un circuito oscillante avente come elementi fondamentali una bobina ed un condensatore. In questo paragrafo verrà presentato un altro tipo di generatore di frequenza che ha un cristallo di quarzo come oscillatore. Il risultato che si otterrà sarà un oscillatore la cui frequenza d'oscillazione è esattamente nota. L'apparecchio è particolarmente adatto per telecomandi.
Il circuito è rappresentato in Fig. 3.06. Il transistore è montato a base comune. Il partitore costituito da R1 e R3 serve a generare l'opportuna tensione per la base del transistore. L'accoppiamento controreazionato tra collettore ed emettitore avviene tramite il quarzo Q, che ha una ben definita frequenza d'oscillazione. La resistenza di carico è costituita dal circuito oscillante L1 C2. Il circuito L1 C2 serve a purificare ulteriormente il segnale, cioè ad eliminare eventuali armoniche della frequenza di oscillazione del quarzo; in questo modo si ottiene un segnale più puro. C3 toglie i disturbi ad alta frequenza della sorgente di corrente. C2 è un condensatore variabile e serve per far risuonare il circuito L1 C2 con il quarzo.

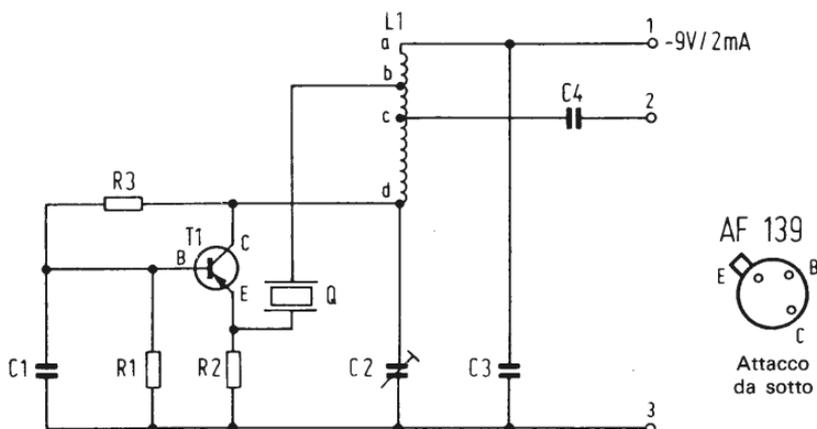



Fig. 3.06. Generatore per 27,12 MHz

Per il montaggio del circuito conviene seguire gli schemi indicati in Figg. 3.07 e 3.08; in particolare la bobina deve venir costruita con grande cura; anche la tensione d'alimentazione dev'essere stabile. La posizione dell'attacco « b » determina il grado di accoppiamento controreazionato.

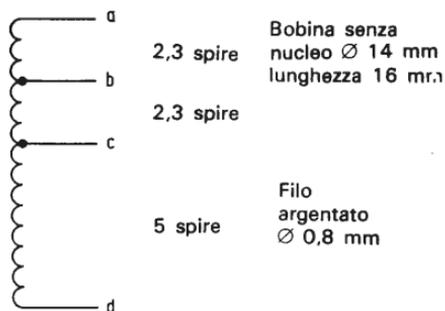



Fig. 3.07. Bobina per un oscillatore a quarzo

Utilizzando altri transistori cambia il punto di lavoro; in genere è necessario modificare il valore di R3 ed è anche necessario modificare il punto d'attacco « b » della bobina.

Un modello di circuito stampato è indicato in figura 3.09. Nella foto 6 di tavola 3 si vede il circuito montato su di una piastrina. Come per il generatore precedente è consigliabile porre il circuito dentro un involucro plastico con un interruttore per la batteria ed una presa per il segnale d'alta frequenza.

Con questo generatore si ha a disposizione uno strumento che permette di controllare, anche a distanza, il funzionamento di un ricevitore. Per controllare che il circuito oscillante sia in risonanza con il quarzo si può mettere un misuratore di corrente all'attacco negativo della batteria (il misuratore deve avere una portata di

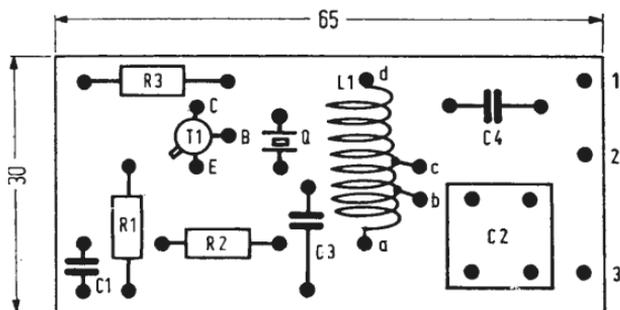



Fig. 3.08. Disposizione degli elementi sulla piastrina

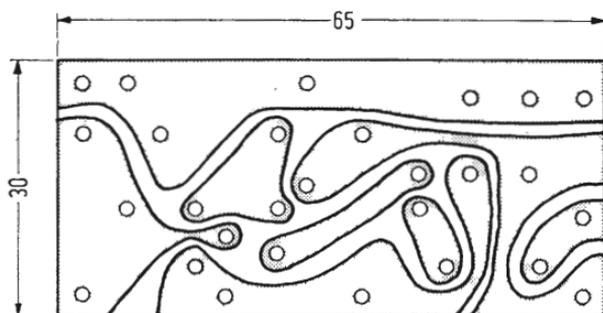



Fig. 3.09. Schema d'incisione

almeno 5 mA); poi si deve regolare il condensatore variabile C2 finché non si ottiene la corrente minima (nel caso descritto circa 2 mA). Questo generatore dev'essere denunciato in caso venga ad esso connessa una antenna.

Elenco dei componenti:

T1	Transistore al germanio pnp AF 139 o simile
Q	Quarzo in miniatura 27,12 MHz con involucro
R1	Resistenza in miniatura 47 kΩ, 1/20 W
R2	Resistenza in miniatura 100 Ω, 1/20 W
R3	Resistenza in miniatura 100 kΩ, 1/20 W
C1, C3	Condensatori ceramici 4,7 nF
C2	Condensatore variabile 4-20 pF
C4	Condensatore ceramico 39 pF
	Piastrina 65 × 30 × 2 mm

4. Radioricevitori

È proprio nella tecnica dei radioricevitori che i transistori hanno, fin dall'inizio, trovato larghissimo impiego, perché presentano grossi vantaggi rispetto alle valvole. Per i radioricevitori si veda il volumetto della stessa collana *Come si costruisce un ricevitore radio*: in esso sono studiati più a fondo i problemi che si presentano nella costruzione di radioricevitori; perciò qui ci si limita a proporre un particolare circuito.

4.1 Ricevitore a transistori per onde medie

In figura 4.01 è indicato un interessante circuito ricevente. Dallo schema si vede che c'è un circuito oscillante, costituito essenzialmente da L1 e C1; il segnale di alta frequenza raggiunge la base di T1 attraverso C2. Tale segnale viene prelevato nel punto « b » della bobina L1 in modo da diminuire lo smorzamento e aumentare la selettività.

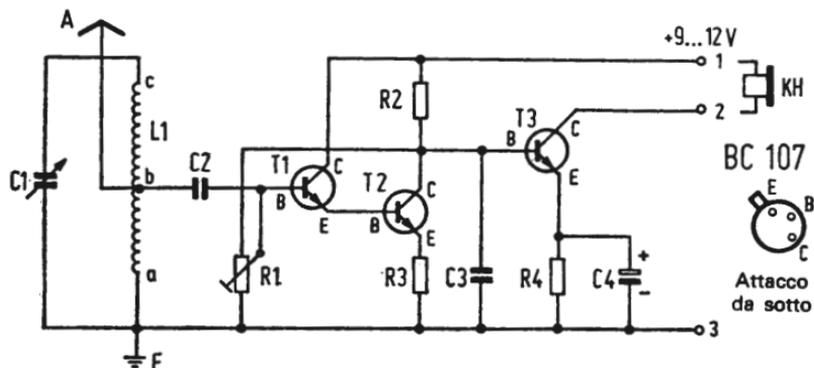



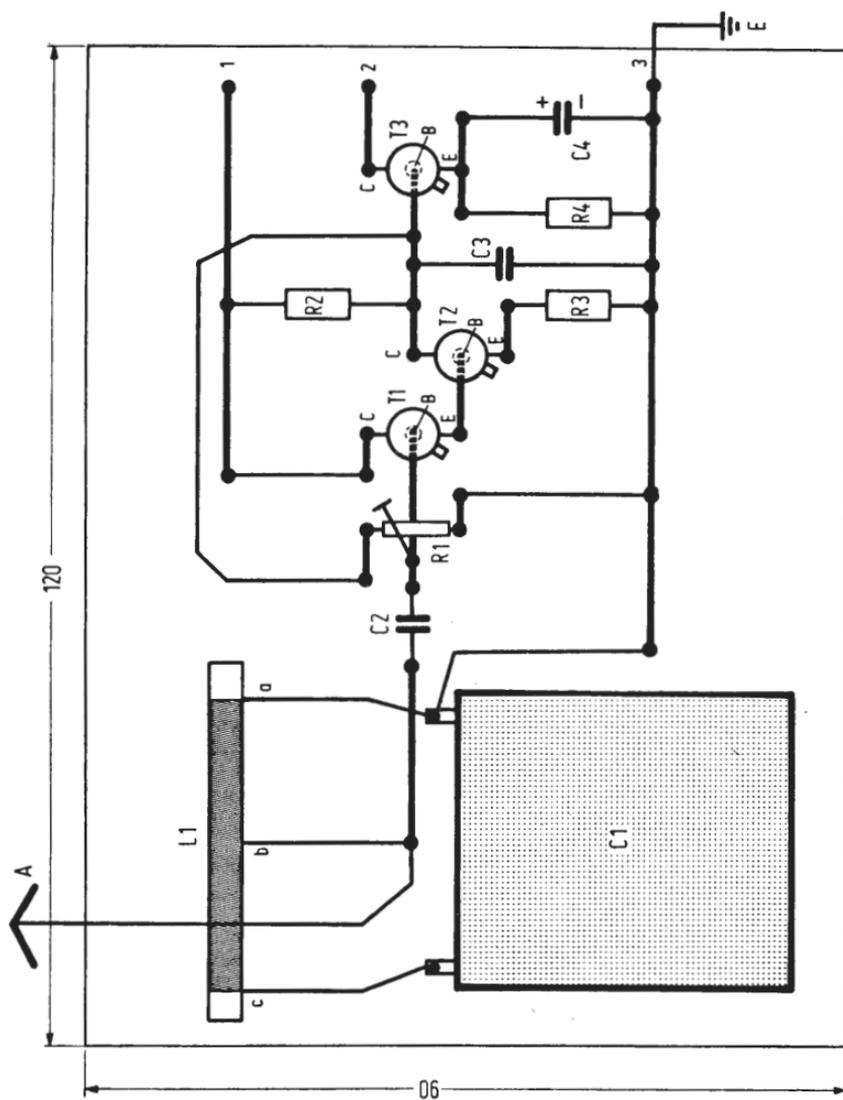
Fig. 4.01. Ricevitore a transistore

T1 forma insieme al transistore T2 una coppia « tipo Darlington ». R1 è una resistenza variabile che permette di regolare la tensione di base della coppia di transistori e quindi di regolare l'amplificazione (in ultima analisi il volume del radioricevitore). La coppia di transistori amplifica solo la semionda positiva del segnale ad alta frequenza, la parte negativa viene soppressa. L'alta frequenza amplificata e demodulata viene prelevata al collettore di T2. C3 serve per filtrare ciò che rimane dell'alta frequenza; T3 amplifica fortemente la bassa frequenza. Una cuffia ad alta impedenza ohmica può venir connessa direttamente al collettore di T3 come resistenza di carico.
Con l'ausilio di una piccola antenna esterna si possono, con questo ricevitore, sintonizzare e ascoltare bene emittenti esterne che abbiano una certa potenza.
Il circuito descritto è adatto per provare diversi tipi di bobine che ciascuno può costruire da solo. Le caratteristiche del circuito sono molto buone specialmente se si considera l'estrema semplicità.

4.2 Montaggio del circuito

Il circuito è facilmente realizzabile su di una piastrina forata. La Fig. 4.02 indica come si può procedere nella costruzione delle bobine di ricezione per onde medie ed onde lunghe. In ogni caso ognuno può seguire il metodo che preferisce, provare diversi attacchi ed eventualmente diverse forme. Per la ricezione di onde

Fig. 4.02. Bobina di ricezione per onde medie e lunghe

Fig. 4.03. Disposizione dei componenti del ricevitore a transistore

corte, per esempio, si usano bobine vuote con 15-20 spire. Uno schema che può essere seguito per il montaggio si trova indicato in Fig. 4.03. È importante montare i componenti in modo corretto e porre un interruttore nella linea.

Sebbene sia possibile utilizzare una batteria per l'alimentazione, in quanto il circuito richiede circa 1 mA di corrente, è più conveniente alimentare il circuito con la rete.

Elenco dei componenti:

T1-T3	Transistori al silicio npn BC 107 B o simili
R1	Potenziometro in miniatura 220 kΩ, lin, 0,05 W
R2	Resistenza in miniatura 220 kΩ, 1/20 W
R3, R4	Resistenza in miniatura 47 Ω, 1/20 W
C1	Condensatore variabile 500 pF
C2	Condensatore ceramico 560 pF
C3	Condensatore ceramico 1 nF
C4	Condensatore elettrolitico in miniatura 47 F/6 V
KH	Cuffia dinamica 2 × 2000 Ω
	Piastrina 90 × 120 × 2 mm
	Barretta di ferrite 13 × 4 × 50
	Cordoncino HF 5 × 0,05 mm

5. Tester per transistori bipolari

Nella prima parte di questa introduzione all'uso dei transistori, è stato esposto un semplice metodo per controllare i transistori. Nel prossimo paragrafo illustreremo uno strumento di controllo per transistori bipolari.
Per l'hobbysta è molto importante la perfetta conoscenza di una particolare funzione di un transistore: l'amplificazione di corrente. Conoscendo esattamente il fattore di amplificazione, è possibile calcolare, almeno in modo approssimato, quasi tutto un circuito. È pure importante sapere come un transistore modifica la forma di un segnale, specialmente quando devono essere progettati stadi complementari o che lavorino in controfase.
Dunque il tester dovrà in primo luogo essere in grado di misurare il fattore di amplificazione di un transistore.
Esistono in commercio dei transistori « controllati », di cui cioè il costruttore fornisce tutti i dati importanti; sono però cari. Quelli più economici, eventualmente di recupero, non sono corredati dai dati caratteristici. Il tester che viene proposto serve per mettere in grado l'hobbysta di servirsi di questi transistori; sarà quindi in grado di misurare: la corrente residua con la base aperta (importante per i transistori al germanio); il potenziale di diffusione del diodo emettitore-base. Quest'ultimo valore indica il tipo di transistore: al germanio o al silicio. Lo strumento dovrà essere commutabile per poter controllare sia i tipi PNP che quelli NPN. Il circuito infine dovrà essere semplice e soprattutto indipendente dalla rete.

5.1 Il circuito del tester

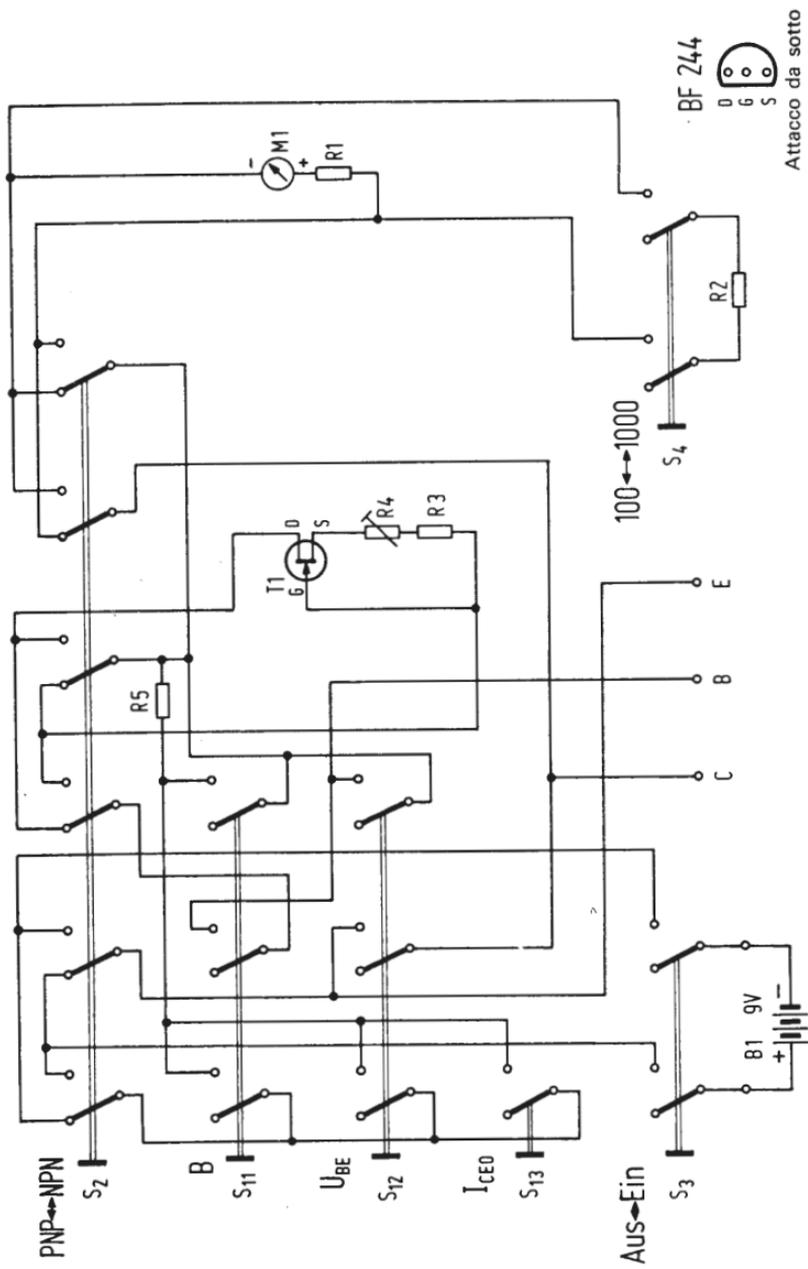
In base ai requisiti di cui si è parlato è stato progettato un circuito, il cui schema è in Fig. 5.01.

PNP↔NPN
S_2
B
S_{11}
U_{BE}
S_{12}
I_{CEO}
S_{13}
Aus↔Ein
S_3
B1 9V
R5
T1
G
D
S
R4
R3
C
B
E
M1
R1
100↔1000
S_4
R2
BF 244
D
G
S
Attacco da sotto

Fig. 5.01. Tester per transistori

Conviene esporre le singole funzioni del circuito utilizzando alcuni schemini.

Misura dell'amplificazione di corrente: il principio su cui ci si basa è indicato in Fig. 5.02, valida per un transistore PNP. Il transistore viene alimentato alla base con una corrente di 10 μA esatti; tale corrente viene fornita dal generatore di corrente costante K. Il tester misura la corrente di collettore. Se lo strumento indica 1 mA il coefficiente di amplificazione B è allora 100 (cioè 1 mA/0,01 mA). Il tester è in grado di misurare correnti fino a 10 mA, cioè fattori di amplificazione fino a 1000.

La sorgente di corrente continua utilizza un transistore ad effetto di campo (FET) BF244. Un misuratore di corrente in grado di misurare correnti dell'ordine dei 10 μA, inserito nel circuito di drenaggio del FET permette di regolare opportunamente la corrente costante: tramite la resistenza variabile R4 si può agevolmente ottenere una corrente di 10 μA. Mentre si effettua questa regolazione i terminali di base e d'emettitore del tester dovranno essere cortocircuitati. Alla fine del paragrafo vengono esposti altri esempi di regolazione.

Fig. 5.02. Misurazione dell'amplificazione di corrente

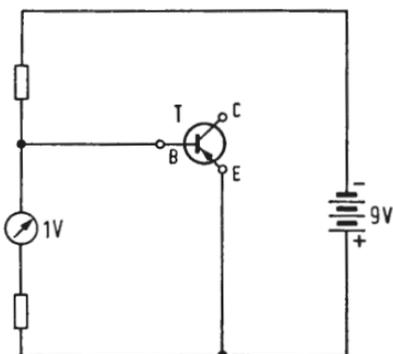



Fig. 5.03. Misurazione di V_{be}

Corrente residua del tratto collettore-emettitore: per effettuare questo test è necessario semplicemente chiudere la sorgente di corrente costante, cioè si

misura la corrente di collettore con la base aperta I_{ceo}.
Potenziale di diffusione del tratto base-emettitore: occorre inserire un Voltmetro con fondo scala 1 V tra base ed emettitore. La base riceve la tensione della batteria tramite una resistenza. Lo strumento di misura indica direttamente in Volt la tensione di diffusione del diodo. Lo schema è indicato in Fig. 5.03.
Come si nota nell'esposizione precedente, il misuratore M1 del tester viene utilizzato per tre tipi di misure differenti: 1) misure di corrente 1 mA; non è necessaria una taratura; 2) misure di tensioni 1 V (Fig. 5.04); la resistenza R1 va scelta in modo che la resistenza totale (R1 più la resistenza interna dello strumento) risulti essere esattamente di 1 kΩ; se la resistenza interna non è nota si può scegliere R1 nel modo seguente: si usa un alimentatore esterno di esattamente 1 V, dopodiché si sceglie il valore di R1 per il quale l'ago del misuratore raggiunge l'ampiezza massima; 3) misura di corrente 10 mA; in questo caso la resistenza parallela necessaria è 110Ω.

Fig. 5.04. Taratura dello strumento di misura

Una volta che il tester è stato provato può essere montato definitivamente. Il montaggio, per la parte elettronica, non presenta particolari difficoltà. Conviene usare due gruppi di tre pulsanti ciascuno che si trovano facilmente in commercio e inserire il tutto in una scatola di plastica. Per l'alimentazione è necessaria una batteria da 9 V. Mentre la parte elettronica del circuito è estremamente semplice da montare, non è così per la parte meccanica: bisognerà fare in modo che tutta la costruzione sia robusta e di facile impiego, essendo uno strumento da usarsi in continuazione. La foto 8 di tavola 3 mostra la parte anteriore.

Tavola 3

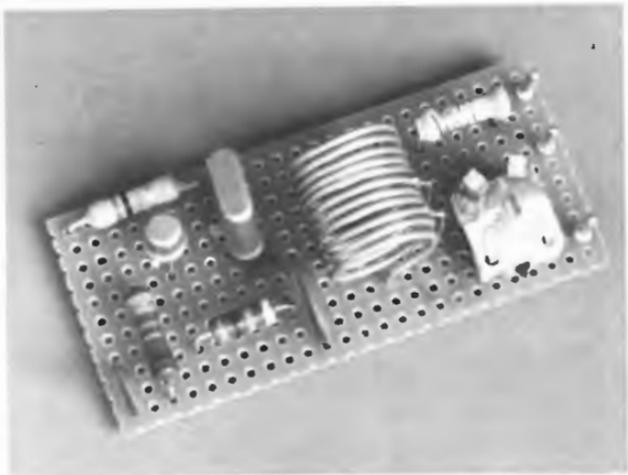



Foto 6. Generatore a quarzo per 27,12 Megahertz

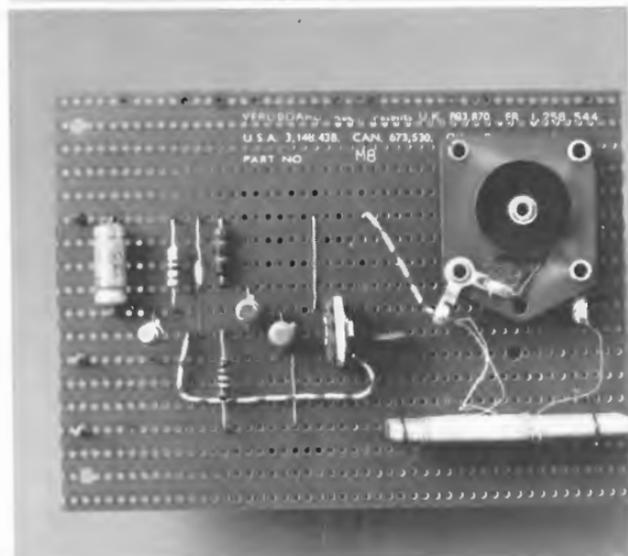



Foto 7. Ricevitore ad onde medie

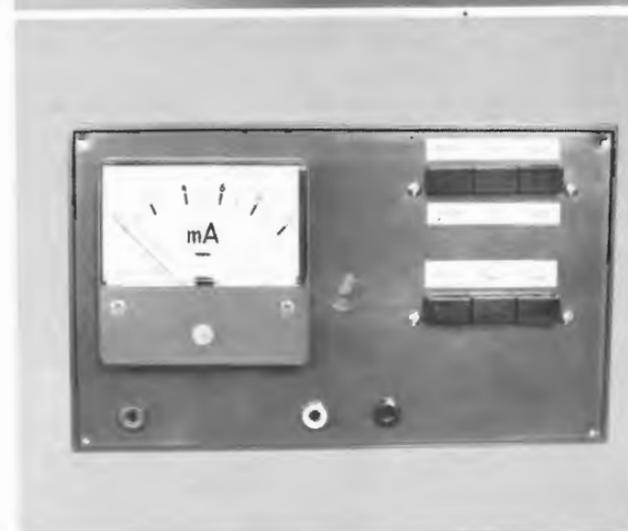



Foto 8. Tester per transistori

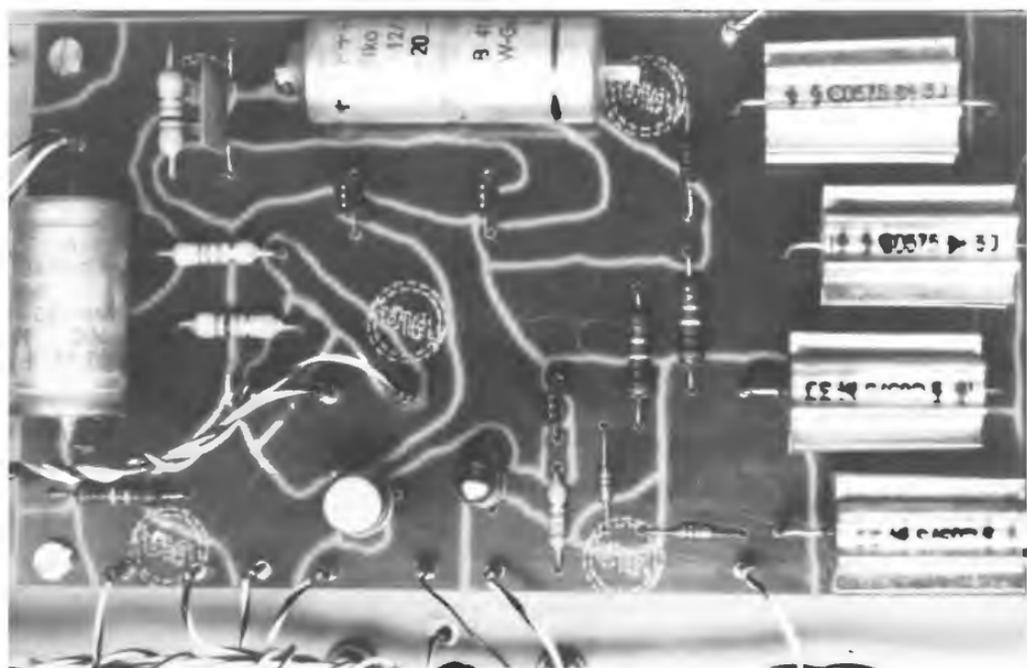



Foto 9. Alimentatore da laboratorio

Tavola 4

Piastra frontale dell'alimentatore

5.2 Applicazioni

Prima di cominciare le misurazioni occorre controllare la tensione della batteria d'alimentazione. Per fare ciò si accende l'apparecchio e si preme il tasto V_{be}: l'ago dello strumento deve raggiungere la massima deviazione.

Misura di un diodo

Dopo aver connesso il diodo alle prese B ed E, si preme il tasto V_{be}. Portata 100.

1. Se l'ago non si muove il diodo è in cortocircuito e quindi fuori uso.
2. Se l'ago si sposta e raggiunge la massima deviazione si preme il tasto NPN-PNP. Se l'ago non si sposta dalla massima deviazione, il diodo non è più utilizzabile.
3. Se in posizione PNP lo strumento indica una deviazione fra 0,2 e 0,3 V, si tratta di un diodo al germanio e la corrente corrispondente è di circa 0,5 mA. Il catodo è connesso all'attacco B.
4. Se in posizione NPN succede come in 3. le conclusioni sono le stesse, però il catodo è connesso all'attacco E.
5. Se si tratta di un diodo al silicio valgono le stesse considerazioni di 3. e 4.; in tal caso però l'ago indicherà una tensione fra 0,6 e 0,7 V.

Misura di un transistore

Prima di connettere il transistore, si inserisca la corretta polarità PNP o NPN.

1. Dopo aver connesso il transistore si preme il tasto I_{ceo}. Se l'ago si sposta sulla massima deviazione il transistore è difettoso. Altrimenti indica la corrente residua con la base aperta.
2. Premendo V_{be} si determina il potenziale di diffusione, detto anche soglia di conduzione, del diodo base-emettitore. Il transistore è difettoso se l'ago raggiunge la massima deviazione. Per i transistori al germanio l'indicazione deve essere tra 0,2 e 0,3 V, per quelli al silicio tra 0,6 e 0,7.
3. La misura più importante è quella dell'amplificazione di corrente; la si effettua premendo il tasto B. Se il transistore non è

difettoso, il tester indica l'amplificazione statica di corrente B. Secondo quale tasto di portata si è premuto, la piena deviazione indica l'amplificazione con un fattore 100 o 1000. L'amplificazione dinamica di corrente β è circa 1,5-2 volte più grande.
La misura dell'amplificazione è possibile solo con transistori di piccola o media potenza. Una corrente di 10 μA come quella usata nelle misure, è troppo piccola per transistori di grande potenza. È però possibile misurare transistori per stadi finali fino a potenze di 3 W ed ottenere il fattore di amplificazione.
Per determinare B si deve sottrarre dal valore dell'amplificazione misurata, la corrente I_{ceo} misurata prima.
Esempio: I_{ceo} misurata = 0,2 mA
B misurata = 0,9 mA
Amplificazione reale:
90 - 70 = 20

Elenco dei componenti:

T1	Transistore FET BF 244 (Texas Instruments)
R1	Come descritto nel testo
R2	Resistenza in miniatura 110 Ω, 1/8 W, 2%
R3	Resistenza in miniatura 110 kΩ, 1/8 W
R4	Trimmer in miniatura 500 kΩ, lin, 0,1 W
R5	Resistenza in miniatura 8,4 kΩ, 1/8 W
M1	Strumento di misura a bobina rotante 1 mA, resistenza interna circa 300 Ω
S1	Tastiera di commutatori 3 × 3 vie
S2	Commutatore multiplo a sei vie
S3, S4	Commutatori multipli a due vie

6. Alimentatore da laboratorio

Per un dilettante uno dei più utili apparecchi da laboratorio è un alimentatore di corrente continua. Il funzionamento di tale apparecchio dev'essere il migliore possibile. Nel prossimo paragrafo verrà presentato un alimentatore di buone qualità, stabilizzato elettronicamente e protetto contro sovraccarichi.

6.1 Il circuito

La regolazione elettronica della tensione viene ottenuta mediante un transistore di potenza T4.
La corrente è regolata in modo continuo con una piccola corrente di base per il transistore di potenza. Questa corrente viene determinata dalla tensione iniziale dell'alimentatore e portata alla base del transistore di potenza, facendo in modo che quest'ultimo regoli la corrente iniziale lasciando costante la tensione iniziale.
Il circuito completo è rappresentato in Fig. 6.01; è costruito utilizzando collegamenti già descritti in precedenza, non occorre quindi analizzarlo in dettaglio.

6.2 Protezione contro sovraccarico di corrente

La corrente iniziale passa per le resistenze R4 e R5 provocando una caduta di tensione. Con una resistenza complessiva di 0,7 Ω e con una corrente di 1 mA, c'è una caduta di tensione di 0,7 V. Questo valore è equivalente alla soglia di conduzione per T2, che quindi comincia a condurre. In questo modo però diminuisce la corrente di base per T1; questo fatto produce una diminuzione

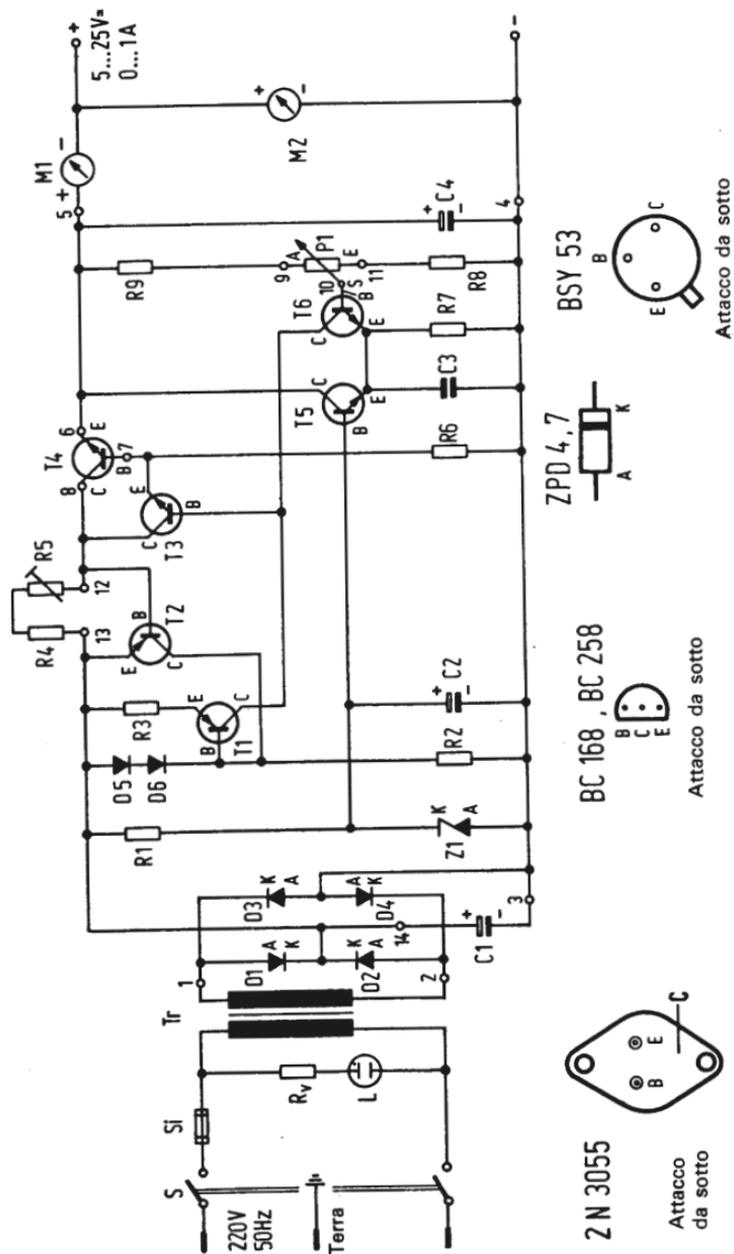



Fig. 6.01. Alimentatore stabilizzato elettronicamente

della corrente pilota di T3 e anche di T4; la corrente iniziale viene quindi limitata.
R5 permette di scegliere liberamente il punto di inizio della limitazione della corrente tra 8 mA e 1 A. La protezione elettronica contro cortocircuiti lavora con estrema precisione e protegge l'apparecchio contro cortocircuiti anche di lunga durata.

6.3 Montaggio dell'alimentatore

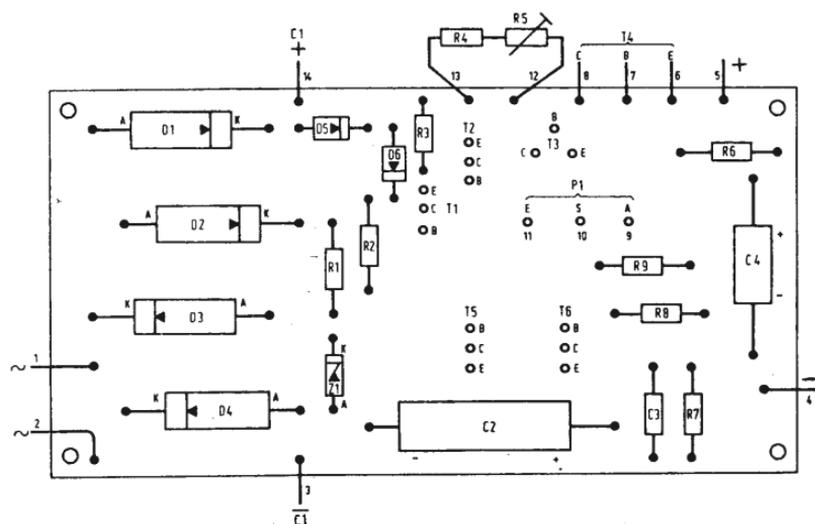



Fig. 6.02. La parte della piastra sulla quale va fatto il montaggio

Il circuito va montato su di una piastrina stampata. Le Figg. 6.02 e 6.03 (e anche la foto 9 di tavola 4) mostrano l'assemblaggio del circuito e lo schema d'incisione della piastrina. Nel montaggio occorre fare attenzione alle polarità dei condensatori elettrolitici e dei diodi. La piastrina va fissata sull'involucro. Il transistore di potenza va montato su un dissipatore di calore (una piastrina d'alluminio 200 × 60 × 5 mm). È anche necessario assicurare un efficiente ricambio d'aria, per facilitare il raffreddamento. La foto

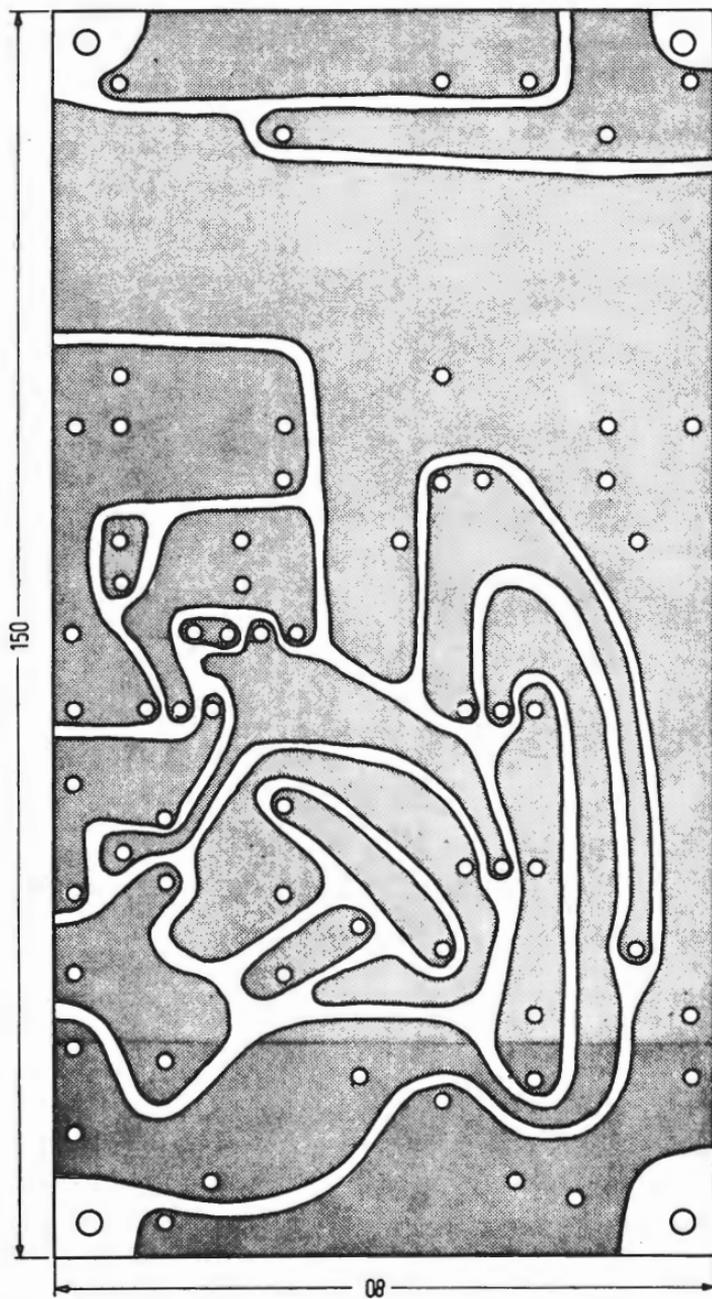



Fig. 6.03. Schema di incisione della piastrina

10 di tavola 4 mostra come sono disposti i vari elementi sulla piastra frontale dell'involucro. Il potenziometro superiore serve per regolare la limitazione di corrente, quello inferiore regola con continuità la tensione tra 5 e 25 V. La corrente d'uscita massima è di 1 A. La stabilizzazione in corrente assicura che la tensione d'uscita non varia più del 2% sotto carico.
L'alimentatore è indicato per circuiti a transistori o relé, proprio per la limitazione di corrente. L'hobbysta esperto apprezzerà molto questo strumento per il suo largo impiego.

Elenco dei componenti:

T1, T2	Transistori al silicio pnp BC 258 B
T3	Transistore al silicio npn BSY 53
T4	Transistore di potenza al silicio 2 N 3055
T5,T6	Transistori al silicio npn BC 168 B
D1-D4	Diodi raddrizzatori al silicio 100 V, 1,5 A
D5, D6	Diodi al silicio BA 127
Z1	Diodo Zener al silicio ZPD 4,7
R1, R2, R6	Resistenze in miniatura 10 kΩ, 1/8 W
R3	Resistenza in miniatura 680 Ω, 1/8 W
R4	Resistenza 0,6 Ω, 1 W
R5	Potenziometro a filo 10 Ω, 1 W
R7, R9	Resistenze in miniatura 1 kΩ, 1/8 W
R8	Resistenze in miniatura 2,2 kΩ, 1/8 W
P1	Potenziometro 10 kΩ, lin, 0,1 W
C1	Condensatore elettrolitico 5 mF/70 V
C2	Condensatore elettrolitico in miniatura 470 μF/35 V
C3	Condensatore 47 nF/30 V
C4	Condensatore elettrolitico in miniatura 470 μF/35 V
Tr	Trasformatore a rete; prim: 1236 spire, (220 V); sec: 170 spire, (27 V)
S	Interruttore bipolare
Si	Fusibile 0,5 A
L	Lampada spia 220 V
M1	Misuratore di corrente continua 1 A
M2	Misuratore di tensione 25 V
	Piastrina 150 × 80 × 2 mm
	Cavo di alimentazione 3 × 0,75 mm² 1,5 m
	Scatola metallica 300 × 100 × 200 mm

7. Raccolta di formule usuali

Legge di Ohm (per correnti continue)

$$I = \frac{V}{R}$$ I corrente in Ampere

$$R = \frac{V}{I}$$ R resistenza in Ohm

Potenza

$$P = V \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$ P potenza in Watt

Collegamento in serie di resistenze

$$R = R1 + R2 + \cdots + Rn$$

Collegamento in parallelo di resistenze

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \cdots + \frac{1}{Rn}$$

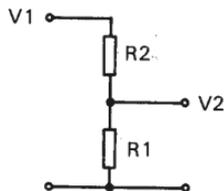
Collegamento in serie di condensatori

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \cdots + \frac{1}{Cn}$$ C capacità in Farad

Collegamento in parallelo di condensatori

$$C = C1 + C2 + \cdots + Cn$$

Partitore di tensione

$$V2 = \frac{R1}{R1 + R2} V1$$

Reattanza di un condensatore in corrente alternata

$$X_C = \frac{1}{6,28 \cdot f \cdot C}$$

X_C reattanza in Ohm

f frequenza in Hertz

Circuito oscillante

$$f_o = \frac{1}{6,28 \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

L induttanza in Henry

λ lunghezza d'onda in metri

$c = \lambda \cdot f = 3 \cdot 10^8$ m/s = velocità della luce

Unità di misura per la tensione: Volt (V)

$1\ \mu V = 10^{-6}\ V$ $\quad$ $1\ kV = 10^{3}\ V$
$1\ mV = 10^{-3}\ V$ $\quad$ $1\ MV = 10^{6}\ V$

Unità di misura per la corrente: Ampere (A)

$1\ nA = 10^{-9}\ A$ $\quad$ $1\ mA = 10^{-3}\ A$
$1\ \mu A = 10^{-6}\ A$ $\quad$ $1\ kA = 10^{3}\ A$

Unità di misura per la resistenza: Ohm (Ω)

$1\ k\Omega = 10^{3}\ \Omega$ $\quad$ $1\ M\Omega = 10^{6}\ \Omega$

Unità di misura per la capacità: Farad (F)

$1\ pF = 10^{-12}\ F$ $\quad$ $1\ \mu F = 10^{-6}\ F$
$1\ nF = 10^{-9}\ F$ $\quad$ $1\ mF = 10^{-3}\ F$

Unità di misura per la frequenza: Hertz (Hz)

$1\ kHz = 10^{3}\ Hz$ $\quad$ $1\ GHz = 10^{9}\ Hz$
$1\ MHz = 10^{6}\ Hz$

Unità di misura per l'induttanza: Henry (H)

$1\ mH = 10^{-3}\ H$ $\quad$ $1\ nH = 10^{-9}\ H$
$1\ \mu H = 10^{-6}\ H$

Abbreviazioni

Sottomultipli	Multipli
m = milli (10^{-3})	k = kilo (10^{3})
μ = micro (10^{-6})	M = mega (10^{6})
n = nano (10^{-9})	G = giga (10^{9})
p = pico (10^{-12})	

8. Indice analitico

Alimentatore 55
Ampere 7
Amplificatore 7
Amplificatore analogico 7
Amplificatore BF 20
Amplificatore di corrente alternata 8
Amplificatore di corrente continua 29
Amplificatore differenziale 29
Amplificatore di potenza 8, 25
Amplificatore in controfase 20

Base 10

Circuiti base 15
Circuiti fondamentali 15
Circuito a base comune 16
Circuito a collettore comune 17
Circuito a emettitore comune 17, 20
Circuito a tavoletta 9
Circuito oscillante 36
Collegamento in controfase di tipo B 21
Collettore 10
Conduttori a caldo 24
Conduttori a freddo 24
Corrente alternata 7
Corrente di fondo 24
Curve caratteristiche di un transistore 17
Curve di carico 18

Darlington 25
Diodo Zener 30
Divisione del lavoro 21

Effetto Joule 27
Emettitore 10

Fattore d'amplificazione 7
Frequenza di taglio 16

Gamma UHF 16
Generatore-sfasatore RC 31, 32
Giunzione PN 11

Impedenza 17
Impedenza d'ingresso 17
Inseguitore catodico 17

Legge dell'induzione elettromagnetica 22
Legge di Ohm 8

Mangiadischi 20
Microfono 17, 20

Misura di un diodo 53
Misura di un transistore 53
Modulazione 8

Ohmmetro 8
Onde lunghe 44
Onde medie 37, 44
Onde ultracorte 16
Oscillatore 31
Oscillatore a quarzo 40

Partitore di tensione 21, 24
Pick-up 17, 20
Potenza 20
Potenza (d'uscita) 8, 20, 25, 28
Potenziale di base 13
Potenziale di giunzione 10
Preamplificatore 8
Punto di lavoro 12

Quarzo 40

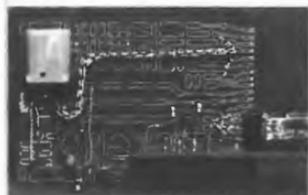
Radio portatili 20
Reattanza 61
Relè 7
Resistenza di carico 44
Ricevitore 43
Risonanza 36

Selettività 43
Semionda 22, 25
Smorzamento 43
Sovrapposizione 37
Suono 25
Supereterodina 37

Temperatura ambiente 19, 20, 27
Tensione d'alimentazione 13
Tensione di giunzione 10
Tester 47
Tester per transistori 47
Tipo PNP 25
Tipo NPN 25
Transistore di potenza Darlington 25
Trsformatore 22
Trasformatore d'impedenza 17

Uso ad alta frequenza 16

Volume (sonoro) 44

Zona di conduzione 11

Richard Zierl

Come si lavora con i transistori

Parte prima: i collegamenti

Questo primo volume del piccolo corso pratico dedicato al transistore, introduce il lettore al mondo dei semiconduttori, oggigiorno componenti fondamentali in elettronica.
Partendo dalle sigle di riconoscimento, cui è dedicato il primo capitolo, che comprende anche una guida al « riconoscimento senza sigle », una rassegna di proprietà fisiche tecniche e pratiche del transistore, il lettore è gradualmente portato a sperimentare con le proprie mani tutte le possibilità di collegamento e di utilizzazione che un transistore offre.
Si realizzano quindi una serie completa di interruttori, compresi quelli termici, quelli luminosi e quelli ad intermittenza, particolarmente indicati per i tergicristalli delle automobili. Un capitolo è dedicato all'amplificazione, e, pur essendo introduttivo al tema ampiamente trattato nel secondo volume, propone alcuni interessanti progetti, fra cui un amplificatore per cuffia.
Questa coppia di volumetti vuol essere un prezioso aiuto per chiunque, tecnico, studente, dilettante si occupi d'elettronica a qualsiasi livello; costituiscono inoltre un'ottima introduzione alla lettura di ulteriori volumi d'elettronica, e al progetto e alla preparazione di numerosi interessanti esperimenti.

Pubblicato nel febbraio 1976 è un volume costituito da 65 pagine, 36 disegni e 8 foto.

L. 2.000

biblioteca tascabile di elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

1 hanns-peter siebert

l'elettronica e la fotografia

Si tratta di un libro dedicato ai fotoamatori. Essi possono trovarvi una serie di apparecchiature e strumenti, con dettagliate indicazioni di costruzione e funzionamento, indispensabili per la ripresa fotografica e il lavoro in camera oscura. Il lettore è portato dalla costruzione di un semplice esposimetro, alla realizzazione di temporizzatori elettronici, fino alla costruzione di un dispositivo servoflash. Per ogni realizzazione sono consigliati i componenti più adatti, gli involucri più pratici, gli usi più convenienti. Completano il volume un comodo codice a colori per il riconoscimento dei valori dei resistori, una «guida all'acquisto» e una bibliografia.

3 heinrich stöckle

come si costruisce un circuito elettronico

Questo libro tratta un argomento fondamentale per la realizzazione di qualsiasi esperimento elettronico: la costruzione di un circuito. Esso descrive il modo più opportuno per farlo, iniziando con il semplice circuito a tavoletta per finire con la tecnica di incisione di un circuito stampato. Mostra le possibilità che si offrono ad un hobbysta, parla dei vantaggi e degli svantaggi di determinati modi di lavorare, delle difficoltà, delle fonti di errore, del modo di evitarli, e così via. Vari e pratici consigli, per esempio sugli attrezzi adatti, sul giusto modo di saldare, sugli strumenti di misura, arricchiscono questo libro. Una bibliografia e una « guida all'acquisto » completano le informazioni facendo del libro un aiuto prezioso per chi desideri iniziarsi all'elettronica o approfondirne le conoscenze.

4 heinz richter

la luce in elettronica

La fotoelettricità, nei suoi aspetti più evidenti, è una tecnica molto nota al giorno d'oggi. Questo libro ha lo scopo di esemplificare le numerose applicazioni della fotoelettricità, servendosi di esperimenti fatti con componenti di facile reperibilità e tuttavia dalle caratteristiche significative. La prima parte è destinata ad una trattazione teorica dei fondamenti della fotoelettricità, con indicazioni per l'esecuzione di alcuni esperimenti che illuminano sul significato del legame tra luce ed energia. La seconda parte tratta di semplici ed interessanti esperimenti che portano alla realizzazione di molto utili strumenti: barriere luminose, contagiri elettronici, regolatori automatici, e molti altri.

5 richard zierl

Come si costruisce un ricevitore radio

Oggigiorno, nell'area del transistore, la realizzazione di un ricevitore è impresa relativamente facile, se si è confortati da una guida sicura ed attendibile. Questo volume vuole essere, per il principiante, un punto di riferimento e nello stesso tempo un invito alla costruzione di circuiti radioriceventi. Esso offre una trattazione dettagliata dei principi su cui si fonda la ricezione radio, presentando, contemporaneamente e parallelamente, una serie di realizzazioni che vanno dal semplice circuito oscillante ad un ricevitore d'onde corte. In tal modo il dilettante è portato ad effettuare esperimenti concreti mentre realizza un ricevitore a diodo, un ricevitore a transistore autoalimentato, un ricevitore a diodo con amplificatore FET, un ricevitore d'onde medie ed un ricevitore d'onde corte.

L. 2.000 (1.887)

biblioteca tascabile elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

come si lavora con i transistori

seconda parte: l'amplificazione

Sono senz'altro le proprietà di amplificazione che hanno procurato al transistore quella posizione centrale che esso occupa nell'elettronica moderna. Lo scopo di questo volumetto — seconda parte di un piccolo corso pratico di introduzione ai transistori — è appunto quello di esemplificare tali proprietà, trattando di amplificatori, tester, generatori, ricevitori e molti altri strumenti e apparecchi. L'hobbysta viene con ciò introdotto alla tecnica dell'amplificazione in maniera pratica, rendendogli possibile nel contempo l'arricchimento del proprio corredo di strumenti elettronici.

1	Hanns-Peter Siebert	L'elettronica e la fotografia Strumenti elettronici per la fotografia e la camera oscura
2	Richard Zierl	Come si lavora con i transistori Prima parte: i collegamenti
3	Heinrich Stöckle	Come si costruisce un circuito elettronico Dai componenti elettronici ai circuiti stampati
4	Heinz Richter	La luce in elettronica Esperimenti di fotoelettricità
5	Richard Zierl	Come si costruisce un ricevitore radio Dal circuito oscillante al ricevitore OC
6	Richard Zierl	Come si lavora con i transistori Seconda parte: l'amplificazione
7	Helmut Tünker	Strumenti musicali elettronici Dai generatori d'onde a un mini organo
8	Heinrich Stöckle	Strumenti di misura e di verifica Tester universali, voltmetri ed altri strumenti di misura

L. 2.000 (1.887)